অজৈব রসায়ন

A TEXT-BOOK

of

INORGANIC CHEMISTRY

by

Prof. **Ladlimohan Mitra**

[বঙ্গানুবাদ]

দ্বিতীয় খণ্ড

পঞ্চম সংস্করণ

মার্চ, ১৯৫৯

॥ অনুবাদক ॥

শ্রীক্ষেত্রপ্রসাদ সেন শর্মা, এম. এস-সি.

অধ্যাপক—যাদবপুর বিশ্ববিদ্যালয়; প্রাক্তন
অধ্যাপক : নরসিংহ দত্ত কলেজ, রাণাঘাট
কলেজ, মেদিনীপুর কলেজ, চন্দননগর
কলেজ; পরীক্ষক : কলিকাতা
ও যাদবপুর বিশ্ববিদ্যালয়

ঘোষ এণ্ড কোং

পুস্তক বিক্রেতা ও প্রকাশক

১২, রমানাথ মজুমদার ষ্ট্রীট, কলিকাতা-৯

প্রকাশক—
সুরেশভূষণ ঘোষ, এম. এস-সি
ঘোষ এণ্ড কোং
১২, রমানাথ মজুমদার স্ট্রীট
কলিকাতা-৯

মাতৃদেবীর শ্রীচরণে

প্রিণ্টার—
শ্রীতুলসীচরণ বক্সী
ন্যাশন্যাল প্রিন্টিং ওয়ার্কস্
৩৩/ডি, মদন মিত্র লেন
কলিকাতা-৬

SYLLABUS

Class X

Course Content	Notes
	(D—Demonstration by teacher).
1. Hydrogen peroxide : perparation, properties and uses.	D—Apparatus for distillation under reduced prsssure.
2. (a) Law of conservation of mass	D—Apparatus to show that it holds good for burning of charcoal, phosphorus or magnesium, as also for other types of reactions.
Laws of definite proportion and multiple proportions. Examples to illustrate the laws.	
(b) Dalton's Atomic Theory.	Explanation of the laws of chemical combination by weight by this theory may well be ommited.
3. Nitrogen and its compounds.	
(i) Ammonia—Preparation (laboratory method, as also synthesis*) properties, uses.	*Descriptions of commercial plants not required.
Catalytic oxidation to nitric oxide and nitric acid.	Refrigeration, Visit to an ice factory.
Ammonium salts,—their uses : oxidation in the soil.	
(ii) Sodium and potasinm nitrates. Preparation of nitric acid (from nitrates and from ammonia) ; reactions of nitric acid (a) as an acid, (b) as an oxidising agent.	Only an elementary treatment of the action of nitric acid on metals in general is required.
Nitrates : actions of heat on them.	
(iii) Nitric oxide and nitrogen peroxide as reduction products of, and in relation to, nitric acid.	Detailed study of these oxides is not required.
Use of nitrous oxide in anaesthesia.	
(iv) The Nitregen Cycle : necessity of using nitrogenous fertilisers.	D—Chart of the Nitrogen Cycle.
3. 1. (a) Phosphorus as a chemical analogue of nitrogen.	Treatment of the contents not to exceed one page.
Preparation of phosphorus from phosphatic minerals ; white and red phosphorus.	
Tri-and pentoxide. Orthophosphoric acid (only preparation from bone-ash and from phosphorus pentoxids) ; use of superphosphate of lime as manure,	
(b) Arsenic as another member of the same family ; use of arsenates and arsenites.	Treatment only in a short paragraph.

SYLLBUS

Course Content	Notes
Carbon and its oxides.	Only definition and illustration of allotropy required.
(a) Allotropic forms of carbon—uses of graphite and chrcoal.	D—Different allotropic forms.
	D—To show use of charcoal for absorbing gases and for removing undesirable colouring matters.
	D—Chart of lime kiln.
	Simple fire-extinguishers.
(b) Chalk, limestone and marble, Laboratory and commercial preparation of carbon dioxide : its properties and uses.	D—Washing soda and baking powder.
	D—Chart or assemblage of experimental arrangement.
	D—Chart of the Carbon or Carbon dioxide Cycle.
Carbonates and bicarbonates.	
Composition of carbon dioxide by weight and by volume.	
The Carbon Cycle, Mineral waters.	
(c) Carbon monoxide—preparation, properties and uses.	Experimental verification of these laws is not required in Chemistry.
5. Behaviour of gases—Boyle's Law and Charles' Law, Gas equation.	
6. Gay Lussac's Law of Gaseous Volume.	
7. Avogadro's Law and its applications.	
(i) Relation between molecular weight and vapour density.	
(b) Establishment of formulæ of gases from their volumetric composition.	
(c) Determination of atomic weights of elements. Numerical problems.	
(ii) Gram molecule, gram molecular weight. Problems.	
8. Simple calculation from equations relating weight of substances and volumes of gases.	
9. Calorine and its compounds.	
(i) (a) Sodium Chloride. Preparation and properties of hydrogen chloride ; volumetric composition.	D—Apparatus for showing volumetric composition of the gas.
(b) Chlorine—Its production by the oxidation of hydrochloric acid and of chlorides ; properties.	Only the chemistry of Weldon's ar Deacon's Processes required.
(c) Bleaching powder.	Only preparation, uses and formu (without discussion).

SYLLABUS

Course Content	Notes
(ii) Fluorine, bromine and iodine as other members of the halogen family.	D—Bromine and iodine. D – Etching of glass
Uses of aqueous hydrofluoric acid ; iodine in medicine.	
10. Sulphur and its compounds.	Allotropic forms and the behaviour of sulphur on heating are not required.
(i) Sulphur ; its extraction and uses.	
(ii) Sulphur dioxide – preparation :	
(a) by oxidation of sulphur and sulphur ores,	
(b) from sulphites,	
(c) from sulphuric aicd.	Description of burner not required.
Properties : uses as bleaching agent and as a preservative.	
(iii) Sulphuric acid. Chemistry of manufacture by lead chamber process and by contact process. Its properties (a) as an acid, (d) as a dehydrating agent,	Description of commercial plants are not required.
Sulphates. Alum	
(iv) Hydrogen sulphide —Preparation and properties. Use as a laboratory reagent.	
Sulphides.	

PRACTICAL CHEMISTRY

1. Preparation and properties of ammonia and carbon dioxide.
2. Study of the Properties of Hydrochloric acid and chlorine ; and of the action of hydrogen sulphide on solution of salts.
3. Simple exercises of the effects of heat and of reagents on substances, including the recognition of evolved gases – e. g. hydrogen, oxygen, carbon dioxide, chlorine, hydrogen chloride, hydrogen sulphide, sulphur dioxide, and ammonia.
4. Identification of the acid radicals : nitrate, chloride, carbonate sulphate, sulphide and sulphite.

সূচীপত্র

প্রথম ভাগ

দ্বিতীয় ভাগ

অজৈব রসায়ন

(INORGANIC CHEMISTRY)

দ্বিতীয় খণ্ড

(প্রথম ভাগ)

প্রথম অধ্যায়

গ্যাস এবং বাষ্পের ভৌত-ধর্মাবলী

(PHYSICAL PROPERTIES OF GASES AND VAPOURS)

কঠিন ও তরল পদার্থ হইতে গ্যাসীয় পদার্থের একটি প্রধান পার্থক্য যে, অল্পমাত্রায় উষ্ণতা ও চাপের পরিবর্তন ঘটিলেই, গ্যাসের আয়তনের প্রভূত পরিবর্তন ঘটে। সেজন্য গ্যাসের আয়তন নির্দেশ করিতে হইলেই, উষ্ণতা ও চাপের উল্লেখ অবশ্য প্রয়োজন। যেমন, উষ্ণতা ও চাপের উল্লেখ ছাড়াই—'১০ সি. সি. হাইড্রোজেন কথাটি নিরর্থক; কারণ, একটি নির্দিষ্ট উষ্ণতায় ১০ সি. সি. হাইড্রোজেন অন্য এক উষ্ণতায় ১০ সি. সি. হাইড্রোজেন থাকিবে না; বিভিন্ন উষ্ণতা ও চাপ অনুযায়ী উহা বিভিন্ন আয়তন অধিকার করিবে। অধিকন্তু, উষ্ণতা নিত্য থাকিয়া, অল্প পরিমাণ চাপের পরিবর্তন ঘটিলে—গ্যাসের আয়তনের যথেষ্ট পরিবর্তন হয়; সেইরূপ, চাপ নিত্য থাকিয়া, অল্প পরিমাণ উষ্ণতার পরিবর্তন ঘটিলে, গ্যাসের আয়তন পরিবর্তিত হইয়া থাকে।

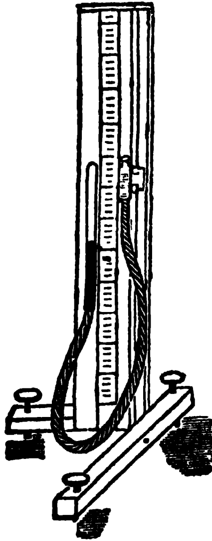
নিত্য-তাপে নির্দিষ্ট ভরের গ্যাসের আয়তন ও চাপের সম্পর্ক (Relation between the pressure and volume of given mass of a gas, at constant temperature) :

বয়েল-সূত্র (Boyle's Law)

"উষ্ণতা নিত্য থাকিলে, নির্দিষ্ট ভরের গ্যাসের আয়তন, চাপের সহিত বিপরীত ভেদের অনুপাতে (inversely) পরিবর্তিত হইয়া থাকে।"

অর্থাৎ, নিত্য উষ্ণতায়, নির্দিষ্ট ভরের গ্যাসের আয়তন—চাপ বর্ধিত হইলে কমিয়া থাকে, এবং চাপ কমিলে বর্ধিত হইয়া থাকে। চাপ দ্বিগুণ করিলে, আয়তন কমিয়া অর্ধেক হইয়া যায়; এবং চাপ অর্ধেক করিলে, আয়তন দ্বিগুণ বর্ধিত হইয়া থাকে

বয়েল-সূত্রের পরীক্ষামূলক প্রতিপাদন (Experimental demonstration of Boyle's Law):


চিত্র ১—বঃ সূত্রের পরীক্ষা

পরীক্ষার দ্বারা বয়েল-সূত্র প্রতিপন্ন করিতে, একটি বিশেষরূপে নির্মিত যন্ত্র আবশ্যক (চিত্র-১)। যন্ত্রটিতে রবার-নল দ্বারা সংযুক্ত দুইটি কাঁচের নল, মধ্যে-স্কেলযুক্ত একটি লম্ব কাষ্ঠদণ্ডে, অস্থায়ী বন্ধনীর দ্বারা লাগান থাকে। একটি কাঁচনল একমুখ-বন্ধ ও সরু; অপরটি দুইমুখ-খোলা ও অপেক্ষাকৃত মোটা। সরু-নলটির মধ্যে কিছু শুষ্ক বায়ু আবদ্ধ থাকে। কাঁচনল দুইটির কিছু অংশ ও সম্পূর্ণ রবার-নলটি পারদ-পূর্ণ থাকে ও মোটা-কাঁচনলটি পারদাধারের কার্য করে।

সরু-নলটিতে বদ্ধ বায়ুর উপর যে চাপ পড়ে, তাহা পারদাধারটিকে উঠাইলে বা নামাইলে বাড়িয়া বা কমিয়া থাকে ও এইরূপে বায়ুচাপ অপেক্ষা বর্ধিত চাপে বা নিম্ন-চাপে বয়েল-সূত্র পরীক্ষা করা চলে।

বয়েল-সূত্রের পরীক্ষা :

(১) বায়ুচাপ অপেক্ষা বর্ধিত চাপে—

লম্ব কাষ্ঠদণ্ডের মধ্যাংশে, সরু-নলটিকে বন্ধনীর দ্বারা আটকাইয়া, মোটা নলটিকে উঠাইয়া বা নামাইয়া এরূপ অবস্থায় আনা হয়, যেন, উভয় নলে পারদতল সমান থাকে। এই অবস্থায় কাঁচনলের আবদ্ধ বায়ুর চাপ অবশ্যই বায়ুচাপের সমান এবং এই অবস্থায় ইহার আয়তন (নলের দৈর্ঘ্য) স্কেল হইতে নির্ণয় করা হয়। বায়ুচাপ অন্য কোন ব্যারোমিটার হইতে জানিয়া লওয়া হয়।

মোটা-নলটিকে এইবার ক্রমে ক্রমে উপরে উঠাইলে লক্ষ্য করা যায় যে, আবদ্ধ বায়ুর আয়তন ক্রমশঃ কমিতেছে। চাপ বাড়িবার জন্যই ইহা ঘটে। বর্ধিত-চাপের পরিমাণ—বায়ুচাপের সহিত, দুইটি নলের পারদতলের পার্থক্য যোগ দিলে সহজেই জানা যায়। বর্ধিত-চাপে আবদ্ধ বায়ুর আয়তনের কিরূপ হ্রাস ঘটিতেছে, তাহা স্কেল হইতে নির্ণয় করিয়া লওয়া হয়।

(২) বায়ুচাপ অপেক্ষা নিম্নচাপে—

এই পরীক্ষায় মোটা-নলটিকে, **সর্বদাই বদ্ধ-নলের অপেক্ষা নিম্নে রাখিয়া** পূর্বের মত উঠাইয়া নামাইয়া পরীক্ষা করিলে দেখা যায়—আবদ্ধ-বায়ুর আয়তন বাড়িতেছে। চাপ কমিবার জন্যই ইহা ঘটে। নিম্নচাপের পরিমাণ—বায়ুচাপ হইতে

দুইটি নলের পারদতলের পার্থক্য বিয়োগ করিলে সহজেই জানা যায়। নিম্নচাপে আবদ্ধ বায়ুর আয়তনের কিরূপ হ্রাস ঘটিতেছে, তাহাও স্কেল হইতে সহজে নির্ণয় করা চলে।

পরীক্ষা করিলে দেখা যাইবে যে, সর্বক্ষেত্রেই আয়তন ও চাপের গুণফল প্রায় নিত্য। বায়ুর পরিবর্তে অন্য গ্যাস, যেমন অক্সিজেন, হাইড্রোজেন, কার্বন ডায়ক্সাইড ইত্যাদি লইয়া পরীক্ষা করিলেও একই ফল পাওয়া যায়।

বয়েল-সূত্রের সংকেত প্রবর্তন:

যদি চাপের সংকেতকে P এবং নির্দিষ্ট ভরের গ্যাসের আয়তনের সংকেতকে V ধরা যায়, তাহা হইলে বয়েলের সূত্রানুযায়ী—

V এর পরিবর্তনের অনুপাত $\frac{1}{P}$ (নিত্য-উষ্ণতায়)

বা, $V = K \times \frac{1}{P}$ [K = একটি ধ্রুবক (constant)]

ধরা যাক্ চাপ পরিবর্তিত হইয়া P_1 হইল এবং তদনুযায়ী পরিবর্তিত আয়তন V_1 হইল—

অতএব $P_1V_1 = K$

কিন্তু $PV = K$

$\therefore \quad P_1V_1 = PV.$

অথবা, নিত্য উষ্ণতায় নির্দিষ্ট ভরের গ্যাসের উপর প্রযুক্ত বিভিন্ন চাপকে যদি P_1, P_2, P_3, P_4 ইত্যাদি সংকেতের দ্বারা সূচিত করা যায়, এবং তদনুযায়ী বিভিন্ন আয়তনকে যদি যথাক্রমকে V_1, V_2, V_3, V_4 ইত্যাদি বলা যায়, তাহা হইলে বয়েলের সূত্রানুযায়ী—

$$P_1V_1 = P_2V_2 = P_3V_3 = P_4V_4 = \text{ইত্যাদি}$$

ঘনত্বের উপর উষ্ণতার প্রভাব

(Influence of temperature on density)

বয়েলের সূত্রকে চাপ ও ঘনত্বের সম্পর্কের মাধ্যমেও বর্ণনা করা যায়। যেমন কোন নির্দিষ্ট ভরের গ্যাসের আয়তন P_1 চাপে যদি V_1 হয়, ও ঘনত্ব D_1 হয় এবং P_2 চাপে যদি আয়তন V_2 ও ঘনত্ব D_2 হয় তাহা হইলে—যেহেতু, গ্যাসের ঘনত্ব উহার আয়তনের **বিপরীত অনুপাতে** নির্ধারিত, অতএব—

$D_1 : D_2 = V_2 : V_1$ কিন্তু $P_1V_1 = P_2V_2$ বা $V_2 : V_1 = P_1 : P_2$

$$\therefore \quad \frac{D_1}{D_2} = \frac{P_1}{P_2}$$

বা, উপরোক্ত গাণিতিক সিদ্ধান্তকে ভাষায় প্রকাশ করিলে, বয়েলের সূত্রকে অন্য ভাষায় বলা যায় যে—**"নিত্য-উষ্ণতায় কোন গ্যাসের ঘনত্ব, উহার প্রযুক্ত চাপের সমানুপাতিক।"**

গাণিতিক উদাহরণ

1. *The vol. of a given mass of a gas is 10 lits. measured at a pressure equal to that of a column of Mercury 73·8 cm. high. What will the volume become if the pressure change to that of a column of Mercury 76 cm. high?*

সমাধান ঃ—পরিবর্তিত চাপের বৃদ্ধির অনুপাত — $\frac{৭৬}{৭৩\cdot৮}$

অতএব, বয়েলের সূত্রানুযায়ী পরিবর্তিত আয়তন, বিপরীত অনুপাতে কমিবে

অর্থাৎ, পরিবর্তিত আয়তন হইবে $১০ \times \frac{৭৩\cdot৮}{৭৬} = ৯\cdot৭$ লিটার।

বিকল্প প্রণালী

ধরা যাক্, প্রাথমিক চাপ P_1 ও প্রাথমিক আয়তন V_1 এবং পরিবর্তিত চাপ P_2 ও পরিবর্তিত আয়তন V_2

$$\text{অতএব } ৭৩\cdot৮ \times ১০ = ৭৬ \times V_2$$

$$\therefore \quad V_2 = \frac{৭৩\cdot৮ \times ১০}{৭৬} = ৯\cdot৭ \text{ লিটার}$$

দ্রষ্টব্য ঃ—প্রথম প্রণালী অর্থাৎ প্রাথমিক সূত্র হইতে সমাধানই সমীচীন।

2. *50 c.c. of air at Normal pressure is compressed to 38 c.c. Taking the temperature to remain constant, find the increase of pressure.*

সমাধান ঃ ধরা যাক্ সম্পূর্ণ চাপ $= P$

বয়েলের সূত্রানুযায়ী $P \times ৩৮ = ৭৬০ \times ৫০$ (কারণ, প্রমাণ চাপ $= ৭৬০$ মি. মি.)

$\therefore \quad P = ১০০০$ মি. মি.

অতএব বর্ধিত চাপ $= ১০০০ - ৭৬০$

$= ২৪০$ মি. মি.

3. *Half a litre of air under 360 mm. pressure is compressed to 200 c.c. Taking the temp. to remain constant, find the new pressure.*

সমাধান ঃ—$P \times ২০০ = ৫০০ \times ৩৬০$

বা $P = \frac{৫০০ \times ৩৬০}{২০০} = ৯০০$ মি. মি.।

4. *One litre of a gas is measured at 740 mm. What will the volume become at 760 mm at constant temperature?*

সমাধান ঃ—ধরা যাক্ আয়তন হইবে V c.c.

অতএব বয়েল-সূত্রানুযায়ী — $১০০০ \times ৭৪০ = V \times ৭৬০$

বা $V = \frac{১০০০ \times ৭৪০}{৭৬০} = ৯৭৩\cdot৬৮$, সি. সি.।

5. *The vol. of a gas with some marble measures 100 c.c. at 760 mm. pressure. On raising the pressure to 1000 mm. the total vonlume becomes 80 c.c. What is the volume occupied by marble ?*

সমাধান ঃ ধরা যাক্ পাথর V c. c. আয়তন অধিকার করিয়া আছে। অতএব ৭৬০ মি. মি. চাপে, গ্যাসের আয়তন (১০০ – V) সি. সি. এবং ১০০০ মি.মি. চাপে গ্যাসের আয়তন (৮০ – V) সি. সি. চাপ বর্ধিত করার ফলে পাথরের আয়তনের কোন পরিবর্তন ঘটে না ; কারণ, পাথর কঠিন পদার্থ।

অতএব—বয়েলের সূত্রানুযায়ী,

$$(১০০ - V) \times ৭৬০ = (৮০ - V) \times ১০০০$$

অর্থাৎ $২৪V = ৪০০$

বা $V = ১৬{\cdot}৬$ সি. সি.।

6. *The density of Nitrogen is 14 at 0°C and 760 mm. pressure. What will be its density when the pressure is doubled ?*

সমাধান ঃ—ধরা যাক্ নির্ণেয় ঘনত্ব $= D_1$

এখন, যেহেতু গ্যাসের ঘনত্ব চাপের সমানুপাতিক,

$$\frac{\text{নাইট্রোজেনের ঘনত্ব (৭৬০ চাপে)}}{D_1} = \frac{৭৬০}{২ \times ৭৬০}$$

$$\text{বা } D_1 = \frac{১৪ \times ২ \times ৭৬০}{৭৬০} = ২৮ \text{।}$$

7. *The density of Carbon dioxide is 22 under 760 mm. and at a certain temperature. Find the pressure under which the density will be doubled keeping the temperature constant.*

সমাধান ঃ ধরা যাক্ নূতন চাপ হইবে P_1। অতএব বয়েল সূত্রানুযায়ী—

$$\frac{\text{৭৬০ মি. মি চাপে } CO_2 \text{ এর ঘনত্ব}}{P_1 \text{ ,, ,, ,, ,, ,,}} = \frac{৭৬০}{P_1}$$

$$\text{অর্থাৎ } \frac{২২}{৪৪} = \frac{৭৬০}{P_1}$$

$$\text{বা, } P_1 = \frac{৭৬০ \times ৪৪}{২২} = ১৫২০ \text{ মি. মি.।}$$

নিত্য-চাপে নির্দিষ্ট ভরের গ্যাসের আয়তনের সহিত উষ্ণতার সম্পর্ক : চার্লস-সূত্র (Relation between the temperature and the Volume of a given mass of a gas at constant pressure : Charles' Law)

অন্যান্য পদার্থের ন্যায়, উত্তপ্ত করিলে গ্যাসের প্রসারণ ও শীতল করিলে সংকোচন ঘটে। নিত্য-চাপে, একক আয়তনের (unit volume) গ্যাসকে 0° সে. হইতে ১° সে. উষ্ণতায় উত্তপ্ত করিলে, যে পরিমাণ আয়তনের প্রসারণ ঘটে, উহাকে গ্যাসটির প্রসারণ-গুণাংক বা প্রসারাংক (Coefficent of expansion of the gas) বলা হয়।

১। উত্তাপের দ্বারা গ্যাসের প্রসারণ :

পরীক্ষা :—রবারের ছিপিযুক্ত একটি ছোট কাঁচের ফ্লাস্ক লওয়া হয়। রবার-ছিপিটির মধ্য দিয়া একটি কাঁচের নল ফ্লাস্কে প্রবিষ্ট করা থাকে ; নলটির বাহিরের দিকে অপর প্রান্তটি বাঁকাইয়া একটি বীকারে রক্ষিত কিছু ম্যাজেণ্টা (magenta)-

দ্রবণে নিমজ্জিত করিয়া রাখা হয়। এখন ফ্লাস্কটি উত্তপ্ত করিলে দেখা যায়, কাঁচ-নলটির প্রান্ত হইতে, ম্যাজেণ্টা-দ্রবণের মধ্য দিয়া, বায়ু বুদ্বুদাকারে বহির্গত হইতেছে, অর্থাৎ উত্তাপের ফলে বায়ু প্রসারিত হইয়াছে। ফ্লাস্কটিকে শীতল করিলে দেখা যায় বায়ু সংকুচিত হইতেছে এবং ম্যাজেণ্টার রঙীন দ্রবণটি নলের মধ্য দিয়া উঠিয়া, বহির্গত বায়ুর স্থান অধিকার করিতেছে।

২। সমান মাত্রায় উত্তপ্ত করিলে সকল গ্যাসই সমমাত্রায় প্রসারিত হয়ঃ

পরীক্ষাঃ—রবারের ছিপিযুক্ত কতকগুলি সুদৃঢ় কাঁচের বোতল লইয়া প্রতিটিতে ছিপিগুলির মধ্য দিয়া সমকোণ-বাঁকান সমান মাপের কতকগুলি কাঁচের নল লাগান হয়। এখন বিভিন্ন বোতলে বিভিন্ন প্রকার গ্যাস পূর্ণ করিয়া, ছিপি বন্ধ করা হয় ও বোতলগুলি অনুভূমিকভাবে একটি জলপাত্রে এরূপভাবে জলে নিমজ্জিত করিয়া রাখা হয়, যেন উহাদের ছিপিতে প্রবিষ্ট কাঁচনলগুলি ঊর্ধ্বমুখী হইয়া থাকে। প্রতিটি নলে একবিন্দু করিয়া পারদ এরূপে প্রবেশ করান হয়, যেন বিভিন্ন বোতলে আবদ্ধ গ্যাস-গুলির আয়তন একই হয়। জলসমেত জলপাত্রটি এখন সমানভাবে উত্তপ্ত করা হয় এবং পাত্রমধ্যস্থ জল উত্তাপকালে সতর্কভাবে আলোড়িত করা হয়। এই পরীক্ষার ফলে দেখা যায়, সকল বোতলগুলিতেই পারদবিন্দু সমান-উচ্চতায় উঠিয়াছে, অর্থাৎ পরীক্ষাটি প্রমাণিত করে যে গ্যাসগুলি বিভিন্ন হইলেও, সমান মাত্রার উত্তাপে উহাদের সকলেরই সমান প্রসারণ ঘটিয়াছে।

৩। নিত্যচাপে বায়ুর প্রসারাংক নির্ধারণ ঃ

পরীক্ষাঃ—বায়ুর প্রসারাংক নির্ধারণের জন্য প্রথমে একটি সূক্ষ্ম ও সমান ছিদ্র-যুক্ত এবং প্রায় ৫০ সে. মি দীর্ঘ একটি কাঁচনল লওয়া হয়। নলটির মধ্য দিয়া কিছুক্ষণ শুষ্ক বায়ু চালনা করিয়া পরে একপ্রান্ত বন্ধ করিয়া দেওয়া হয়। এখন, একটি পাত্রে কিছু পারদ লইয়া কাঁচনলটির অপর প্রান্ত ঐ পারদে নিমজ্জিত রাখিয়া উত্তপ্ত করা হয়। উত্তাপের ফলে, প্রসারণের জন্য, বায়ুর কিছু অংশ নল হইতে বাহির হইয়া যায় ও পরে নলটিকে শীতল করিলে, অন্তস্থ বায়ুর সংকোচনের জন্য কিছু পারদবিন্দু নলের মধ্যে উঠিয়া যায়। সমগ্র নলটিকে এখন একটি অনুভূমিক মোটা আবরণী নলের মধ্যে প্রবিষ্ট করাইয়া রাখা হয়।

আবরণী নলটি প্রথমে গলিত বরফে পূর্ণ করিলে, বায়ু $0°$ সে উষ্ণতায় শীতল ও সংকুচিত হইবে এবং নলমধ্যস্থ পারদবিন্দুটি বদ্ধ-প্রান্তের দিকে সরিয়া যাইবে। পারদবিন্দুটি যে স্থানে আসিয়া স্থির হয়, উহা নির্ণয় করা হয়। এখন, বরফ সরাইয়া, আবরণী নলের মধ্যে ফুটন্ত জলীয়-বাষ্প চালনা করিলে, বায়ুর প্রসারণের জন্য, পারদ বিন্দুটি আবার সরে। নলটি আনুভূমিক থাকায়, মধ্যস্থ বায়ু, বায়ুচাপেই (atmospheric pressure) থাকে।

যদি $0°$ সে. ও ১০০° সে. উষ্ণতায়, নলের মধ্যে বায়ু l_1 ও l_2 দৈর্ঘ্য অধিকার

করিয়া থাকে—তবে সাধারণ হিসাবে ; নলের মধ্যের বায়ুর ঐ উষ্ণতাগুলিতে আয়তন l_1 ও l_2 এর সমানুপাতিক।

$\therefore$ বায়ুর প্রসারাংক (Coefficient of expansion) $= \frac{l_2 - l_1}{১০০ l_1}$

প্রকৃত পরীক্ষার দ্বারা l_2, l_1 নির্ধারণ করিয়া প্রসারাংকের প্রকৃত মান পাওয়া যায় ; দেখা যায়, প্রসারাংক $= \frac{১}{২৭৩} =$ ·০০৩৬৭

একই প্রক্রিয়ায় অন্যান্য গ্যাসের প্রসারাংক নির্ধারণ করিলে দেখা যায় যে, সকল গ্যাসেরই প্রসারাংক সমান, অর্থাৎ প্রত্যেকেরই প্রসারাংক ·০০৩৬৭ বা $\frac{১}{২৭৩}$।

উপরোক্ত পরীক্ষামূলক তথ্যাদি হইতে—চার্লস (Charles) নিম্নোক্ত সূত্রটী (Law) প্রণয়ন করেন :—

"নিত্যচাপে 0° সে. উষ্ণতায় রক্ষিত, একটি নির্দিষ্ট ভরের গ্যাসের আয়তন প্রতি ১° সে. উষ্ণতায় হ্রাসবৃদ্ধির জন্য, উহার আয়তনের $\frac{১}{২৭৩}$ অংশ সঙ্কুচিত বা প্রসারিত হইয়া থাকে।" অতএব—

উষ্ণতা বৃদ্ধির ক্ষেত্রে :—

0° সে. উষ্ণতায় গ্যাসের আয়তন ১ হইলে, ১° সে. উষ্ণতায় উহার আয়তন $\left(১ + \frac{১}{২৭৩}\right)$ হইবে

0° সে. উষ্ণতায় গ্যাসের আয়তন ১ হইলে, ২° সে. উষ্ণতায় উহার আয়তন $\left(১ + \frac{২}{২৭৩}\right)$ হইবে

0° সে. উষ্ণতায় গ্যাসের আয়তন ১ হইলে, ৩° সে. উষ্ণতায় উহার আয়তন $\left(১ + \frac{৩}{২৭৩}\right)$ হইবে

0° সে. উষ্ণতায় গ্যাসের আয়তন ১ হইলে, t° সে. উষ্ণতায় উহার আয়তন $\left(১ + \frac{t}{২৭৩}\right)$ হইবে

উষ্ণতা হ্রাসের ক্ষেত্রে :—

0° সে. উষ্ণতায় গ্যাসের আয়তন ১ হইলে, −১° সে. উষ্ণতায় উহার আয়তন $\left(১ - \frac{১}{২৭৩}\right)$ হইবে

0° সে. উষ্ণতায় গ্যাসের আয়তন ১ হইলে, −২° সে. উষ্ণতায় উহার আয়তন $\left(১ - \frac{২}{২৭৩}\right)$ হইবে

0° সে. উষ্ণতায় গ্যাসের আয়তন ১ হইলে, −৩° সে. উষ্ণতায় উহার আয়তন $\left(১ - \frac{৩}{২৭৩}\right)$ হইবে

0° সে. উষ্ণতায় গ্যাসের আয়তন ১ হইলে, $-t$° সে. উষ্ণতায় উহার আয়তন $\left(১ - \frac{t}{২৭৩}\right)$ হইবে

0° সে. উষ্ণতায় গ্যাসের আয়তন ১ হইলে, −২৭৩° উষ্ণতায় উহার আয়তন $\left(১ - \frac{২৭৩}{২৭৩}\right)$ হইবে

তাপের পরমমাত্রা : পরমশূন্য (Absolute scale of temperature : Absolute zero)

পূর্বের সিদ্ধান্ত হইতে ইহাই প্রতিপন্ন হইয়াছে যে, 0° সে. উষ্ণতায় কোন গ্যাসের আয়তন ১ হইলে, –২৭৩° সে. উষ্ণতায় উহার আয়তন (১ – ২৭৩/২৭৩) বা 0 সি. সি. হইবে ; অর্থাৎ, –২৭৩° সে. উষ্ণতায় গ্যাসের কোন আয়তন থাকিবে না। অবশ্য –২৭৩° সে. পর্যন্ত নিম্ন উষ্ণতায় কোন গ্যাসকে শীতল করিয়া আয়তন পরীক্ষা করা হয় নাই, এবং প্রকৃতপক্ষে ঐরূপ অতি নিম্ন উষ্ণতায় পৌছিবার আগেই সকল গ্যাসই তরল হইয়া যায় ; কিন্তু সাধারণ উষ্ণতায় গ্যাসের আয়তন হইতে ইহাই স্পষ্ট নির্দেশিত হয় যে, –২৭৩° সে উষ্ণতায় গ্যাসের আয়তন থাকিবে না, বা থাকিলেও উহা নগণ্য হইবে। এই উষ্ণতা, অর্থাৎ –২৭৩° সে., তাপমিতিতে একটি গুরুত্বপূর্ণ নির্দেশবিন্দু (reference point) এবং এই তাপকে **পরমশূন্য** (Absolute zero) বলা হয়।

অন্য উপায়েও, পরমশূন্যের ধারণা করা চলে। পূর্বোক্ত প্রসারাংক নির্ধারণের পরীক্ষাটির কথা ধরা যাক। গলিত বরফের তাপে নলে পারদবিন্দুর স্থির অবস্থান স্থলে যদি একটি 0° সে. দাগে চিহ্নিত করা হয় ও ফুটন্ত বাষ্পের তাপে পারদবিন্দুর স্থির অবস্থানকালে যদি ১০০° সে. দাগে চিহ্নিত করা হয়, এবং এই উভয় দাগের মধ্যে নলের অংশটিকে যদি ১০০টি সমান দাগে বিভক্ত করা যায়, তবে প্রতিটি দাগ, ১° সে. উষ্ণতাবৃদ্ধির জন্য গ্যাসটির প্রসারণ-মাত্রা নির্দেশ করিবে। এখন ধরা যাক, 0° সে. দাগের নিম্নেও, নলটির শেষপ্রান্ত অবধি, ঐরূপ সমান দাগে চিহ্নিত করা হইল।

যেহেতু, প্রতি ১° সে. উষ্ণতাবৃদ্ধির জন্য গ্যাসের আয়তন ১/২৭৩ অংশ প্রসারিত হয়, অতএব 0° সে. হইতে নলটির শেষপ্রান্ত অবধি, ২৭৩টি দাগ থাকিবে। 0° সে. এর নিম্নে প্রথম দাগ, –১° সে. ; দ্বিতীয় দাগ, –২° সে. ; তৃতীয় দাগ, –৩° সে. এইরূপ বুঝাইবে এবং শেষ দাগটি, –২৭৩° সে. বুঝাইবে। এই শেষ দাগটী নলের শেষপ্রান্তে হইবে, এবং গ্যাসের আয়তন ঐ দাগে শূন্য হইবে। এই দাগটিকে, **পরমশূন্য** (Absolute zero) বলা হয়, কারণ এই বিন্দুকে শূন্য ডিগ্রী (0°) রূপে নির্বাচন করিয়া, একটি **উষ্ণতা-মাত্রা** (Temperature scale) ধরিলে, উষ্ণতার পরিমাপ আরো সুবিধাজনকভাবে করা যায় ; অর্থাৎ বরফের উষ্ণতাকে 0° বা নিম্ন-স্থিরবিন্দু নির্বাচনের পরিবর্তে, –২৭৩° সেন্টিগ্রেডকে 0° নির্বাচন করিয়া, অপর একটি নূতন উষ্ণতামাত্রার ব্যবহার সুবিধাজনক। এই উষ্ণতামাত্রাকে, **পরমমাত্রা** (**Absolute scale**) বলা হয়।

পরম-মাত্রা ও সেন্টিগ্রেড-মাত্রায় নির্ধারিত উষ্ণতার পারস্পরিক সম্পর্ক (Relation between Absolute and Centigrade Scale of Temperature) ঃ

−২৭৩° সেন্টিগ্রেডকে পরমমাত্রায় শূন্যবিন্দু ধরিলে, 0° সেন্টিগ্রেড—পরমমাত্রায় ২৭৩°এর সমান হয় এবং ১০০° সেন্টিগ্রেড—পরমমাত্রায় ৩৭৩° হয়। **অর্থাৎ** সেন্টিগ্রেড মাত্রার যে-কোনো উষ্ণতাকে পরমমাত্রায় রূপান্তরিত করিতে হইলে সেন্টিগ্রেড মাত্রার উষ্ণতার সহিত ২৭৩ যোগ করা হয়। যদি পরমমাত্রায় কোন উষ্ণতাকে বা **পরম-উষ্ণতাকে** (Absolute Temperature) T বলা যায়, এবং সেন্টিগ্রেড-মাত্রায় ঐ উষ্ণতাকে t বলা যায়, তবে $T = t + ২৭৩$।

চার্লস-সূত্রের সংকেত প্রবর্তন ঃ

ধরা যাক্ নির্দিষ্ট ভরের একটি গ্যাসের আয়তন
0° সে. উষ্ণতায়—V_o সি. সি
t° সে " —V " "
এবং t_1° সে. " —V_1 " "

অতএব চার্লস-সূত্রানুযায়ী, 0° সেন্টিগ্রেডে V_o সি. সি. আয়তন—t° সেন্টিগ্রেডে প্রসারিত হইয়া $V_0\left(১+\frac{t}{২৭৩}\right)$ সি সি. হইবে; এবং $t°_1$ সেন্টিগ্রেডে প্রসারিত হইয়া $V°\left(১+\frac{t_1}{২৭৩}\right)$ সি. সি. হইবে।

কিন্তু পূর্বের সংকেত অনুযায়ী t° ও $t°_1$ সেন্টিগ্রেডে গ্যাসের আয়তন, যথাক্রমে V ও V_1;

$$\therefore\quad V = V_0\left(১+\frac{t}{২৭৩}\right) \quad এবং\ V_1 = V_0\left(১+\frac{t_1}{২৭৩}\right)$$

$$= V_0\left(\frac{২৭৩+t}{২৭৩}\right) \qquad = V_0\left(\frac{২৭৩+t_1}{২৭৩}\right)$$

$$= V_0 \times \frac{}{২৭৩} \qquad = V_0 \times \frac{T_1}{২৭৩}$$

T ও T_1—পরম-উষ্ণতা। অতএব—

$$\frac{V}{V_1} = \frac{T}{T_1} = \frac{২৭৩+t}{২৭৩+t_1}$$

সুতরাং চার্লস-সূত্রকে (উপরের গাণিতিক সিদ্ধান্তকে ভাষান্তর করিয়া) বলা যায় যে,—**"নিত্যচাপে নির্দিষ্ট ভরের গ্যাসের আয়তন, উহার পরম-উষ্ণতার সমানুপাতিক।"**

সহজেই ইহাও প্রমাণ করা চলে যে, নিত্যচাপে গ্যাসের ঘনত্ব উহার পরম-উষ্ণতার সহিত বিপরীত অনুপাতে পরিবর্তিত হইতে থাকে। যেমন, T_1 ও T_2 পরম-উষ্ণতায় যদি কোন নির্দিষ্ট ভরের গ্যাসের ঘনত্ব যথাক্রমে D_1 ও D_2 হয় তবে চার্লস-সূত্রানুযায়ী—

$$\frac{D_1}{D} = \frac{T_2}{T_1} \text{ বা } D_1 = D_2\frac{T_2}{T_1} \text{ (নিত্য-চাপে)}$$

গাণিতিক উদাহরণ

1. Eight litres of a gas at 0°C are heated to 80°C. Find the new volume taking the Pressure to remain constant.

সমাধান ঃ—ধরা যাক্ নির্ণেয় আয়তন = V

$$\text{চার্লস-সূত্রানুযায়ী} \quad = \frac{\text{২৭৩+৮০}}{\text{২৭৩+০}}$$

$$\text{বা,} \quad V = \frac{\text{৩৫৩×৮}}{\text{২৭৩}} = \text{১০·৩৪৪ লিটার}$$

2. 200 c.c. of Nitrogen at 27°C are cooled to −20°C. Find the new the volume.

সমাধান ঃ—ধরা যাক্ নির্ণেয় আয়তন = V

$$\text{চার্লস সূত্রানুযায়ী} \quad V \quad \frac{\text{২৭৩−২০}}{\text{২৭৩+২৭}}$$

$$\text{বা,} \quad \text{·×২৫৩}$$

$$= \text{১৬৮·৬৬ সি. সি.।}$$

3. Find the temperature at which 100 c.c. of air at 17°C will be double in its volume.

সমাধান ঃ ধরা যাক্ নির্ণেয় উষ্ণতা = t°

$$\text{চার্লস-সূত্রানুযায়ী} \quad \frac{\text{১০০}}{\text{২×১০০}} = \frac{\text{১৭+২৭৩}}{t+\text{২৭৩}} = \frac{\text{২৯০}}{t+\text{২৭৩}}$$

$$\text{বা,} \quad t+\text{২৭৩} = \text{২×২৯০}$$

$$\text{বা,} \quad t = \text{৫৮০−২৭৩}$$

$$\text{বা,} \quad = \text{৩০৭}^\circ \text{ সে.।}$$

4. The density of Nitrogen is 14 at O°C. What is its density at −7°C?

সমাধান ঃ—ধরা যাক্ নির্ণেয় গুরুত্ব = D

যেহেতু চার্লস-সূত্রানুযায়ী গুরুত্বের পরম উষ্ণতার সহিত বিপরীত অনুপাতে ভেদ হইয়া থাকে—

$$\therefore \frac{D}{\text{১৪}} = \frac{\text{২৭৩+০}}{\text{২৭৩−৭}} \text{ বা } D = \frac{\text{২৭৩×১৪}}{\text{২৬৬}} = \text{১৪·৩৬।}$$

গ্যাসের আয়তনের উপর উষ্ণতা ও চাপের যুক্ত-প্রভাব; বয়েল ও চার্লস-এর সংযুক্ত সংকেত (Combined effect of Temperature and Pressure on the volumes of Gases ; General formula combining Boyle's and Charles law) :

ধরা যাক্—T পরম উষ্ণতায় ও P চাপে, কোন নির্দিষ্ট ভরের গ্যাসের আয়তন V এবং T_1 পরম উষ্ণতায় ও P_1 চাপে, গ্যাসটির আয়তন V_1। এখন,

$$V \propto \frac{1}{P}$$ যখন T নিত্য থাকে (বয়েল-সূত্র)

$$V \propto T,$$ যখন P " " (চার্লস-সূত্র)

$$\therefore \quad V \propto \frac{T}{P}$$ যখন T ও P উভয়ই পরিবর্তিত হইতে থাকে।

বা, $$V = \frac{T}{P} \times k$$ (k = ধ্রুবক)

বা, $$\frac{PV}{T} = \text{নিত্য}$$

এইরূপে, $$\frac{P_1V_1}{T_1}$$ নিত্য

আবার, T_1, T_2, T_3, T_4, T_n প্রভৃতি পরম-উষ্ণতায়, একই গ্যাসের চাপ যথাক্রমে P_1, P_2, P_3, P_4, P_n ও আয়তন যথাক্রমে V_1, V_2, V_3, V_4, V_n প্রভৃতি হইলে—

$$\frac{PV}{T} = \frac{P_1V_1}{T_1} = \frac{P_2V_2}{T_2} = \frac{P_3V_3}{T_3} = \frac{P_4V_4}{T_4} \text{ ইত্যাদি} \cdots\cdots = \frac{P_nV_n}{T_n}$$

প্রমাণ-উষ্ণতা ও চাপ (Standard Temperature & Pressure)

পূর্বোক্ত বর্ণনায় বলা হইয়াছে, গ্যাসের আয়তন, প্রযুক্ত চাপ ও উষ্ণতার অনুপাতে পরিবর্তিত হইয়া থাকে। এখন, বায়ুমণ্ডলের চাপ ও উষ্ণতা নিত্যই পরিবর্তনশীল। অতএব, গ্যাসের আয়তন সংক্রান্ত পরীক্ষাসমূহের ফলাফলের তুলনার জন্য, কোন বিশেষ চাপ ও উষ্ণতাকে নির্দিষ্ট করিয়া লওয়া অবশ্য প্রয়োজন। চাপ হিসাবে—৭৬০ মি. মি. উচ্চ পারদস্তম্ভের সমান চাপ, এবং উষ্ণতারূপে 0° সে উষ্ণতাকে নির্দিষ্ট স্থির করিয়া লওয়া হইয়াছে। এই সর্বস্বীকৃত মান দুইটিকে, নির্দিষ্ট চাপ ও নির্দিষ্ট উষ্ণতা' (Standard Temperature and Pressure) বা 'প্রমাণ চাপ ও প্রমাণ উষ্ণতা' (Normal Temperature and Pressure) বলা হয় ; সংক্ষিপ্ত সাংকেতিকে ইহাকে এস. টি. পি. (S. T.P.) বা এন. টি. পি. (N.T.P.) বলা হয়।

সাধারণ গ্যাস-সূত্র ও গ্যাসের নিত্য-সংখ্যা (General Gas Equation and Gas Constant) :

পূর্বে বলা হইয়াছে, $\frac{PV}{T}$ = নিত্য ; এই নিত্যকে R ধরিলে,

$$\frac{PV}{T} = R$$

সংযুক্ত গ্যাসের সূত্রকে উপরোক্ত প্রকারে প্রকাশ করিলে, ঐ সূত্রকে সাধারণ গ্যাস-সূত্র (General Gas Equation) বলা হয় ; ও নিত্য সংখ্যা R-কে গ্যাসের-সংখ্যা বলা হয়।

উপরোক্ত সূত্রে P = ১ বায়ুচাপ (one atmosphere)

V = গ্রাম-আণবিক আয়তন (gm-mol. volume)

অর্থাৎ, ২২·৪ লিটার

এবং T = ২৭৩ ধরিলে,

$$\frac{PV}{T} = R \text{ বা, } R = \frac{১ \times ২২·৪}{২৭৩} = ·০৮২ \text{ লিটার বায়ুচাপ}$$

(Litre-atmosphere)

গ্যাসের ঘনত্বের উপর উষ্ণতা ও চাপের সংযুক্ত প্রভাব (Combined effect of Temperature & Pressure on Density of Gases) :

ধরা যাক্ T° পরম-উষ্ণতা, ও P চাপে কোনো নির্দিষ্ট ভরের গ্যাসের ঘনত্ব D এবং T_1° পরম উষ্ণতা ও P_1 চাপে গ্যাসটির ঘনত্ব D_1 । এখন—

$D \propto \frac{1}{T}$ যখন P নিত্য থাকে (চার্লস সূত্র)

$D \propto P$, যখন T „ „ (বয়েল সূত্র)

$D \propto \frac{P}{T}$, যখন T ও P উভয়ই পরিবর্তিত হইতে থাকে

বা, $D = \frac{P}{T} \times k$ (k = ধ্রুবক)

বা, $\frac{DT}{P} = k.$

এইভাবে $\frac{D_1T_1}{P_1} = k \quad \therefore \quad \frac{DT}{P} = \frac{D_1T_1}{P_1} = \frac{D_2T_2}{P_2}$ ইত্যাদি

গ্যাসের উষ্ণতা ও চাপের পারস্পরিক সম্পর্ক (Relation between Temperature and Pressure of a Gas) :

পূর্বে বলা হইয়াছে, $\frac{PV}{T}$ = নিত্য = R

বা $P = \dfrac{RT}{V}$

এখন, আয়তন যদি নিত্য রাখা যায় তাহা হইলে $\dfrac{R}{V}$ নিত্য হয়;

$$\therefore \quad P \propto T$$

অর্থাৎ, নিত্য আয়তন অবস্থায়, একটি নির্দিষ্ট ভরের গ্যাসের চাপের সহিত উহার পরম উষ্ণতার সম্পর্ক সমানুপাতিক—

$$\frac{P}{T} = \frac{P_1}{T_1}$$

গাণিতিক উদাহরণ

1. A gas occupies 100 c.c. at N. T. P. Find its volume at 27°C and 380 mm. pressure.

সমাধান ঃ—ধরা যাক্ নির্ণেয় আয়তন $= V_1$

এখন সংযুক্ত বয়েল ও চার্লস-সূত্রানুযায়ী $\dfrac{PV}{T} = \dfrac{P_1 V_1}{T_1}$

এস্থলে $V =$ ১০০ সি, সি. — $V_1 =$ নির্ণেয় আয়তন

$P =$ ৭৬০ মি. মি. — $P_1 =$ ৩৮০ মি. মি.

$T = (\text{২৭৩} + \text{০})^\circ$ পরম উষ্ণতা — $T_1 = (\text{২৭৩} + \text{২৭})^\circ$ পরম উষ্ণতা

$$\frac{\text{১০০} \times \text{৭৬০}}{\text{২৭৩}} = \frac{V_1 \times \text{৩৮০}}{\text{২৭} + \text{২৭৩}}$$

বা $V_1 = \dfrac{\text{১০০} \times \text{৭৬০} \times \text{৩০০}}{\text{২৭৩} \times \text{৩৮০}} =$ ২১৯.৭৮ সি. সি.।

2. When the pressure is 760 mm. and the temperature 0°C, the volume of a gas is 910 c.c. What will be the volume at pressure 380mm. and temperature 27°C ?

সমাধান ঃ—ধরা যাক্ নির্ণেয় আয়তন $= V_1$

সংযুক্ত বয়েল ও চার্লস সূত্রানুযায়ী

$$\frac{PV}{T} = \frac{P_1 V_1}{T_1}$$

এস্থলে $V =$ ৯১০ সি. সি. — $V_1 =$ নির্ণেয় আয়তন

$P =$ ৭৬০ মি. মি. — $P_1 =$ ৩৮০ মি. মি.

$T = (\text{২৭৩} + \text{০})^\circ$ পরম উষ্ণতা — $T = (\text{২৭৩} + \text{২৭})^\circ$ পরম উষ্ণতা

$$\therefore \quad \frac{\text{৯১০} \times \text{৭৬০}}{\text{২৭৩}} = \frac{V_1 \times \text{৩৮০}}{\text{২৭৩} + \text{২৭}}$$

বা, $V_1 = \dfrac{\text{৯১০} \times \text{৭৬০} \times \text{৩০০}}{\text{৩৮০} \times \text{২৭৩}} =$ ২০০০ সি. সি.।

3. *What volume of Nitrogen at 16·5°C and 1470 mm. pressure will measure 1 litre at N. T. P ?*

সমাধান ঃ—ধরা যাক্, নির্ণেয় আয়তন—V_1

এখন, সংযুক্ত বয়েল ও চার্লস সূত্রানুযায়ী

$$\frac{PV}{T}=\frac{P_1V_1}{T_1}$$

V = ১ লিটার = ১০০০ সি. সি. V_1 = নির্ণেয় আয়তন

P = ৭৬০ মি. মি. P_1 = ১৪৭০ মি. মি.

T = ২৭৩° পরম-উষ্ণতা T_1 = (১৬·৫ + ২৭৩) পরম-উষ্ণতা

$$\therefore \frac{১০০ \times ৭৬০}{২৭৩}=\frac{V_1 \times ১৪৭০}{(১৬·৫+২৭৩)}$$

$$বা, \quad V_1=\frac{৭৬০ \times ২৮৯·৫ \times ১০}{২৭৩ \times ১৪৭০}$$

$$= ৫৪৮·২৫ \text{ সি. সি.}$$

4. *A volume of Hydrogen measure 1 cubic decimetre at 27°C under a pressure of half an atmosphere. What volume will it occupy at 10°C and 760 mm pressure ?*

সমাধান ঃ—ধরা যাক্ নির্ণেয় আয়তন = V_1

সংযুক্ত বয়েল ও চার্লস সূত্রানুযায়ী $\frac{PV}{T}=\frac{P_1V_1}{T_1}$

এস্থলে V = ১ ঘন ডেসিমিটার V_1 = নির্ণেয় আয়তন

= ১০০০ সি. সি.

P = ৭৬০ ÷ ২ P_1 = ৭৬০ মি. মি.

= ৩৮০ মি. মি. T_1 = (২৭৩ + ১০)° পরম-উষ্ণতা

T = (২৪৩ + ২৭)° পরম-।

$$অর্থাৎ—\frac{১০০০ \times ৩৮০}{২৭৩+২৭}=\frac{V_1 \times ৭৬০}{২৭৩+১০}$$

$$বা, \quad V_1=\frac{১০০০ \times ৩৮০ \times ২৮৩}{৭৬০ \times ৩০০}$$

৪৭১·৬৬ সি. সি. ।

5. *At what temperature would the volume of a gas be **doubled**, if the pressure at the same time increases from 700 to 800 mm, ?*

সমাধান ঃ—ধরা যাক্, গ্যাসটি 0° সে উষ্ণতায় আছে, ও উহার আয়তন—১ ; এবং, নির্ণেয় উষ্ণতা—t^0

এখন সংযুক্ত বয়েল ও চার্লস সূত্রানুযায়ী

$$\frac{৭০০}{২৭৩}=\frac{২ \times ৮০০}{T_1}$$

$$বা, \quad T_1=\frac{২ \times ৮০০ \times ২৭৩}{৭০০}= ৬২৪° \text{ পরম-উষ্ণতা}$$

কিন্তু $T_1 = t + ২৭৩$ ∴ t_1 = ৬২৪ − ২৭৩ = ৩৫১° সে.

6. A certain mass of a gas at 27°C and 760 mm. pressure has the density 28. Find its density at 7°C and 740 mm. pressure.

সমাধান ঃ—ধরা যাক্ নির্ণেয় ঘনত্ব $= D_1$

এখন, পূর্বের সূত্রানুযায়ী জানা আছে $\frac{DT}{P} = \frac{D_1T_1}{P_1}$

অতএব $\frac{২৮ \times (২৭৩+২৭)}{৭৬০} = \frac{D_1 \times (২৭৩+৭)}{৭৪০}$

বা, $D_1 = \frac{২৮ \times ৩০০ \times ৭৪০}{৭৬০ \times ২৮০} = ২৯.২১$

7. 200 volume of Nitrogen have a density of 14. The pressure is altered so that the new density is 11. Find the new volume.

সমাধান ঃ—ধরা যাক্ নির্ণেয় আয়তন $= V_1$

এখন সূত্রানুযায়ী $\frac{V}{V_1} = \frac{P_1}{P} = \frac{D_1}{D}$

বা $\frac{২০০}{V_1} = \frac{১১}{১৪}$ বা $\frac{১৪ \times ২০০}{১১} = ২৫৪.৫৪$ আয়তন।

দ্রষ্টব্য ঃ—পূর্বোক্ত গাণিতিক উদাহরণগুলিতে প্রাথমিক আয়তন, চাপ, উষ্ণতা ও ঘনত্বের সূচক হিসাবে V, P, T, D প্রভৃতি ব্যবহৃত হইয়াছে এবং পরিবর্তিত বা নূতন আয়তন, চাপ, উষ্ণতা ও ঘনত্বের সূচক হিসাবে V_1, P_1, T_1, D_1 প্রভৃতি ব্যবহৃত হইয়াছে।

ডাল্টনের অংশ-চাপ-সূত্র (Dalton's Law of Partial Pressure) ঃ

"কোনো বিশেষ উষ্ণতায়, কোনো আয়তনের গ্যাসীয় বা বাষ্পীয় মিশ্র (উপাদানগুলি পরস্পরের সহিত রাসায়নিক বিক্রিয়াহীন) যে চাপ প্রয়োগ করে—উহা প্রত্যেক উপাদান পৃথক ভাবে ঐ আয়তন অধিকার করিলে যে চাপ প্রয়োগ করিত, তাহার যোগফল।"

একটি মিশ্রের যে আয়তন থাকে,—মিশ্রটির কোনো উপাদান এককভাবে ঐ আয়তন অধিকার করিলে যে চাপ প্রয়োগ করে, সে চাপকে মিশ্রটির ঐ উপাদানের (গ্যাস বা বাষ্প) **অংশ-চাপ** (**Partial Pressure**) বলা হয়।

গাণিতিক প্রকল্প ঃ—

ধরা যাক্ P_1 চাপে কোন গ্যাসের V_1 আয়তন, P_2 চাপে অন্য একটি গ্যাসের V_2 আয়তনের সহিত মিশ্রিত করা হইল। অতএব মিশ্রটির আয়তন হইল—(V_1+V_2)। ধরা যাক্ এই মিশ্রটির চাপ P এবং প্রথম গ্যাসটির অংশ চাপ f_1 ও দ্বিতীয় গ্যাসটির অংশ চাপ f_2। মিশ্রণের ফলে—

প্রথম গ্যাসটির আয়তন হইবে (V_1+V_2) এবং অংশ চাপ f_1

দ্বিতীয় " " " (V_1+V_2) " " f_2

$\therefore$ বয়েল সূত্রানুযায়ী $f_1 = \frac{P_1V_1}{V_1+V_2}$ এবং $f_2 = \frac{P_2V_2}{V_1+V_2}$

কিন্তু সমগ্র চাপ P_1 অংশগুলির যোগফল (ডাল্টনের অংশ চাপ সূত্র)

$$\therefore \quad P=(f_1+f_2)=\frac{P_1V_1}{V_1+V_2}+\frac{P_2V_2}{V_1+V}$$

বা $P(V_1+V_2)=P_1V_1+P_2V_2$

গাণিতিক উদাহরণ

A vessel of capacity 400 c.c. and filled with Chlorine under 80 cm. is connected by a narrow tube and a stop-cock with another vessel of capacity 250 c.c. filled with Nitrogen under 100 cm. What will be the pressure when the stop-cock is opened ?

সমাধান ঃ—ধরা যাক্ নির্ণেয় চাপ $=P$ ।

মিশ্রণের পরে, ক্লোরিনের আয়তন $=(৪০০+২৫০)$ সি. সি. ;

ধরা যাক্, ক্লোরিনের অংশ-চাপ $=P_1$

মিশ্রণের পরে, নাইট্রোজেনের আয়তন $=(৪০০+২৫০)$ সি. সি. ;

ধরা যাক্, নাইট্রোজেনের অংশ-চাপ $=P_2$

এখন বয়েল সূত্রানুযায়ী $P_1=\frac{৮০\times৪০০}{৪০০+২৫০}$ এবং $P_2=\frac{১০০\times২৫০}{৪০০+২৫০}$

কিন্তু $P=P_1+P_2$

$$=\frac{৮০\times৪০০ \quad ১০০\times২৫০}{৬৫০}$$

$$=৮৭{\cdot}৬৯$$

আর্দ্র-গ্যাস (Moist Gases)

সাধারণতঃ পরীক্ষাগারে গ্যাসকে প্রায়ই জলের উপর সংগ্রহ করা হয়। সেজন্য গ্যাসগুলি সাধারণতঃ আর্দ্র ও জলীয় বাষ্প দ্বারা সংপৃক্ত হইয়া থাকে। এরূপ কোনো গ্যাসের চাপ নির্ধারণ করিতে গেলে সংপৃক্ত বাষ্পের চাপও বিবেচ্য।

ধরা যাক্ জলের উপর সংগৃহীত কোন গ্যাসের আয়তন—V সি. সি.

ব্যারোমিটার চাপ $=P$

সংগ্রাহক জলের উষ্ণতা $=t^\circ$

এক্ষেত্রে বায়ুচাপ (P) অবশ্যই, গ্যাসের চাপ ও t° উষ্ণতায় জলীয় বাষ্পের মিলিত চাপ দ্বারা সাম্য হইয়াছে। t° উষ্ণতায় জলীয় বাষ্পের চাপকে f ধরিলে—

$P=$ আর্দ্র গ্যাসের চাপ

$=$ অনার্দ্র গ্যাসের চাপ $+\,t^\circ$ উষ্ণতায় জলীয় বাষ্পের চাপ

বা অনার্দ্র গ্যাসের চাপ (অর্থাৎ গ্যাসটির যথার্থ চাপ)

$=$ আর্দ্র গ্যাসটির চাপ বিযুক্ত f

$=P-f.$

দ্রষ্টব্য ঃ নির্দিষ্ট ভরের আর্দ্র গ্যাসের আয়তন অনার্দ্র গ্যাসের আয়তন অপেক্ষা অধিক হইয়া থাকে।

গাণিতিক উদাহরণ

400 c.c. of oxygen are collected over water at 17°C and 750 mm. pressure. What will be the volume of the dry gas under standard conditions ? (Tension of aqueous vapour at 17°C is 14·4 mm.)

অক্সিজেনের চাপ = ৭৫০ − ১৪'৪ = ৭৩৫'৬ মি. মি.

ধরা যাক প্রমাণ উষ্ণতা ও চাপে, অক্সিজেনের নির্ণেয় আয়তন = V সি. সি.

অতএব সংযুক্ত বয়েল ও চার্লস সূত্রানুযায়ী

$$\frac{৪০০ \times (৭৫০ - ১৪'৪)}{২৭৩ + ১৭} = \frac{V \times ৭৬০}{২৭৩}$$

$$\text{বা} \quad V = \frac{৪০০ \times ৭৩৫'৬ \times ২৭৩}{৭৬০ \times ২৯০} = ৩৬৪'৪৬ \text{ সি. সি.}$$

অনুশীলনী

1. Enunciate Boyle's Law. Describe an experiment which illustrates it. What do you understand by Absolute Zero and Absolute temperature ?

A certain quantity of *dry* Hydrogen occupies 30 c.c. at 0°C and 720 mm. What will its volume become if the Hydrogen were saturated with moisture at 16°C, the atmospheric pressure being 750 mm. ? [Ans = 25·95 c. c.]

2. State Charles' Law. 60 cubic inches of Hydrogen originally measured at 20°C are cooled to −20°C. What will now be the volume of the gas ? *All., 1904* [Ans. = 51·8 cubic inches]

3. Establish the relation between the temp., pressure and volume of a gas. How would you proceed practically to show the effect of a change of temperature on the volume of a gas ? *Punj., 1916 : C. U., 1931, '34, '58.*

4. What is the law of expansion of gases when they are heated at constant pressure ? A flask can bear pressure up to 1·6 atmospheres. It is filled with Chlorine at 10°C and 764 mm. It is now heated till the flask explodes. At what temp. does the explosion take place ? [Ans. = 177·429°C]

5. A volume of Hydrogen measures 1 cubic decimetre at 20°C under a pressure on half-an-atmosphere. How many c.c. will it occupy at 10°C and 700 mm. pressure ? *All., 1903.* [Ans. = 524·329 c c.]

6. When the pressure is 760 mm. and temperature 0°C, the volume of a gas is 910 c.c. What will be the volume of the gas when the pressure is 728 mm. and temp. is 27°C ? [Ans. = 1043·95 c.c.]

7. Calculate the temperature at which air possesses a density equal to that of Hydrogen at 0°C. (*Density of air = 14·4.*) [Ans. = 3658·2°C]

8. State the law relating to the change in volume of a quantity of gas due to change of pressure and temperature. A flask has a capacity of 500 c c. What volume of air will escape from the flask when it is warmed from 25°C to 35°C and the barometer remains unchanged ? Neglect the expansion of glass. *Pat., 1929.*

9. The density of a gas is 14 at 27°C and 760 mm. What will its density be at 7°C and 640 mm. ? [Ans. = 14·61]

10. 0·5 gm. of Zinc dissolved in dilute H_2SO_4 gives 183 c.c. of Hydrogen at 9°C, and 748 mm. What would the vol. be at N. T. P. ? [Ans. = 174·36 c c.]

11. 10 c.c. of Hydrogen were measured at 20°C. What will the vols. be at 100°C, 180°C, and 200°C, the pressure being constant ? [Ans. = 12·73 c.c. ; 15·46 c.c. ; 16·14 c.c.]

12. 50 c.c. of Hydrogen are collected over Mercury the level of which stands 20 cm. above the level of Mercury in the trough. Calculate the pressure exerted by Hydrogen and the volume it will occupy when the level of Mercury inside and outside the tube is made the same ($p = 760$ mm). [Ans. = 560 mm. & 36·84 c.c.]

13. Three volumes of Oxygen and two volumes of Chlorine are mixed together. What will the partial pressure of each be when the barometer stands at 760 mm. ?
[Ans. $O_2 = 456$ mm., $Cl_2 = 304$ mm.]

14. 40 c.c. of Oxygen at 650 mm., 80 c.c. of Nitrogen at 700 mm. and 10 c.c. of Hydrogen at 760 mm, are mixed together in a separate vessel. The vol. is found to be 80 c.c. Find out the total pressure and the partial pressure of each gas.
[Ans. O = 325 mm. N = 262·5 mm., H = 95 mm.]

15. 50 c.c. of H_2 at N. T. P. were confined in a tube of cross section 1·2 sq. cm. and standing in a trough of Hg. the column of which stood at a height of 15 cm. The pressure was now changed to 750 mm. and the temp. to 31°C. Find the length of the column of the tube containing the gas. *C. U. 1941*

16. Deduce from Boyle's and Charles' laws that the relation PV/T is a constant,

A given mass of a gas occupies a volume of 1000 c.c. at 27°C and 760 mm. pressure of Hg. What volume will it occupy at 327°C and 1520 mm. pressure of Hg ?

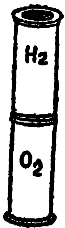
দ্বিতীয় অধ্যায়

গ্যাসের ভৌতধর্মাবলী : ব্যাপন

(Physical Properties of Gases : Diffusion)

গ্যাসের ব্যাপন (Diffusion of Gases) :

সকল গ্যাসেরই পরস্পরের সহিত মিশ্রিত হইবার একটি সহজাত প্রবণতা আছে। যেমন একটি বড় ঘরে, যদি অ্যামোনিয়া বা ক্লোরিনের কোন পাত্র উন্মুক্ত করা যায়,—তবে, কয়েক সেকেণ্ডের মধ্যেই, গ্যাসগুলির তীব্র গন্ধ, ঘরের প্রতি অংশেই অনুভূত হয়। যদিও ঘরটি বায়ু দ্বারা পূর্ণ এবং ক্লোরিন বায়ু অপেক্ষা গুরুভার, তথাপি ক্লোরিন বায়ুতে ছড়াইয়া পড়ে। সেইরূপ, একটি হাইড্রোজেনের ও একটি অক্সিজেনের জার মুখোমুখি রাখিলে (চিত্র ২), কিছুক্ষণের মধ্যেই দেখা যায়, গ্যাস দুইটি পরস্পরের সহিত মিশিয়া যায়, অর্থাৎ উপরের জার হইতে কিছু হাইড্রোজেন নীচের দিকে নামে, এবং নীচের জার হইতে কিছু অক্সিজেন উপরদিকে উঠে। যদিও হাইড্রোজেন অতি লঘুভার এবং অক্সিজেনের তুলনায় গুরুভার, তথাপি ইহা ঘটিতে থাকে, এবং যতক্ষণ না হাইড্রোজেন ওতপ্রোতভাবে অক্সিজেনের সহিত মিশ্রিত হয়, ততক্ষণ মাধ্যাকর্ষণের বিরুদ্ধেও গ্যাস চলাচল করিতে থাকে।

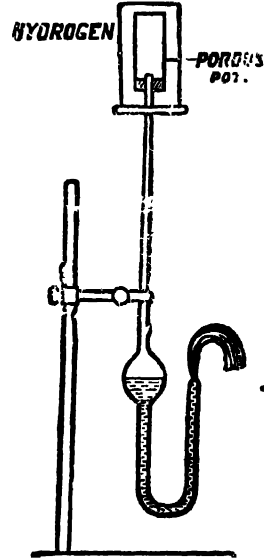


চিত্র—২
গ্যাসের ব্যাপন

একটি গ্যাসের সহিত অপর একটি গ্যাসের মিশ্রিত হইবার প্রাকৃতিক প্রক্রিয়াকে ব্যাপন (Diffusion) বলা হয়।

নিম্ন-ঘনত্বের লঘুতর গ্যাসগুলি, অধিক-ঘনত্বের গুরুভার গ্যাসগুলি অপেক্ষা দ্রুত ব্যাপিত হইয়া থাকে।

পরীক্ষা :—বিদ্যুৎ-কোষে যেরূপ সচ্ছিদ্র পাত্র (porous pot) ব্যবহার হয়, সেইরূপ একটি সচ্ছিদ্র পাত্রের মুখ একটি ইণ্ডিয়া-রবারের ছিপির দ্বারা বন্ধ করা হইল। রবার ছিপিটির মধ্যে, একটি কাঁচনলের একপ্রান্ত প্রবিষ্ট করা হইল; কাঁচনলটির অপর দিক, ইউ-টিউবের মত বাঁকাইয়া প্রান্তে একটি জেট (Jet) করা হইল। কাঁচনলটিকে লম্বভাবে, একটি বন্ধনীর দ্বারা একটি দণ্ডে যুক্ত করা হইল।



চিত্র—৩
ব্যাপন : পরীক্ষা

পরীক্ষার জন্য প্রথমে, সচ্ছিদ্র পাত্রটিকে সরাইয়া—কাঁচনলটির নিম্নাংশ রঙীন জলে পূর্ণ করা হইল ও পরে সচ্ছিদ্র পাত্রটিকে যথাস্থানে প্রতিস্থাপন করা হইল (চিত্র—৩)। নলটির দুই বাহুতেই জলের তল প্রথমে সমান থাকে। এখন একটি হাইড্রোজেন-পূর্ণ বীকার, সচ্ছিদ্র পাত্রটির উপর উপুড় করিয়া দিলে, দেখা যায়—জেটের মুখ হইতে সূক্ষ্ম ছিদ্রপথে ফোয়ারার ন্যায় জল উৎক্ষিপ্ত হইতেছে। ইহার কারণ, বায়ু অপেক্ষা লঘু হাইড্রোজেন অমসৃণ সচ্ছিদ্র-পাত্রটির সূক্ষ্ম ছিদ্রগুলির মধ্য দিয়া, বায়ুর অপেক্ষা দ্রুতবেগে প্রবেশ করিতেছে ফলে গ্যাসের অণুর সংখ্যা পাত্রটির মধ্যে বৃদ্ধি পাইতেছে ও ফলে যে বর্ধিত চাপের সৃষ্টি হইতেছে—উহাই নলমধ্যস্থ জলের উপর চাপ প্রয়োগ করিয়া, নলের জলকে উৎক্ষিপ্ত করিতেছে।

দ্রষ্টব্য :—সাধারণ গ্যাসের ব্যাপনের মাত্রা পরিমাপ করা দুরূহ বলিয়া উহাদের **অভি-ব্যাপনের (Effusion)** মাত্রাই পরিমাপ করা রীতি। কোন গ্যাসকে চাপ-সহযোগে একটি সূচীমুখ (pin hole) ছিদ্রপথে বহির্গত করার প্রক্রিয়াকে **অভিব্যাপন (Effusion)** বলা হয়। সূচীমুখ-ছিদ্রপথের পরিবর্তে গ্যাসটির বহির্গমনের জন্য, কোন সচ্ছিদ্র পদার্থ যেমন—প্যারিস-প্লাস্টারের (Plaster of Paris) পর্দা, অমসৃণ পোর্সিলেন বা মাটির পাত্রও ব্যবহার করা যাইতে পারে। অভিব্যাপনের ক্ষেত্রেও গ্রাহামের সূত্র প্রযোজ্য।

গ্রাহামের ব্যাপন-সূত্র (Graham's Law of Diffusion) :

বিভিন্ন গ্যাসের আপেক্ষিক ব্যাপন বেগ (relative velocity of diffusion) নিত্য চাপ ও উষ্ণতায়, তাহাদের আপেক্ষিক ঘনত্বের বর্গমূলের বিপরীত অনুপাতে ভেদ হইয়া থাকে।

দ্রষ্টব্য ঃ—গ্যাসের ব্যাপন-বেগ বলিতে, প্রতি একক সময়ে (per unite time) বহির্গত গ্যাসের আয়তন বুঝাইয়া থাকে।

যদি t সময়ের মধ্যে ব্যাপিত গ্যাসের আয়তন V হয়, তবে

$$\text{গ্যাসের ব্যাপন-বেগ} = \frac{V}{t} = \frac{\text{বহির্গত গ্যাসের আয়তন}}{\text{সময়}}$$

ধরা যাক, দুইটি গ্যাসের আপেক্ষিক ঘনত্ব D_1 ও D_2 এবং তাহাদের ব্যাপন-বেগ যথাক্রমে V_1 ও V_2। অতএব, গ্রাহাম-সূত্রানুযায়ী—

$$V_1 \propto \frac{1}{\sqrt{D_1}} \text{ এবং } V_2 \propto \frac{1}{\sqrt{D_2}}$$

$$\text{বা} \quad V_1 = \frac{k}{\sqrt{D_1}} \text{ এবং } V_2 = \frac{k}{\sqrt{D_2}} \qquad [k = \text{ধ্রুবক}]$$

$$V_1 \times \sqrt{D_1} = V_2 \times \sqrt{D_2}$$

এখন হাইড্রোজেনের ঘনত্ব = ১ এবং অক্সিজেনের ঘনত্ব = ১৬। যদি হাইড্রোজেনের ব্যাপন-বেগকে V_H এবং অক্সিজেনের ব্যাপন-বেগকে V_O বলা যায়—তবে,

$$V_O \times \sqrt{১৬} = V_H \times \sqrt{১}$$

$$\text{বা} \quad \frac{V_O}{V_H} = \sqrt{\frac{১}{১৬}} = \frac{১}{৪}$$

$$\text{বা} \quad V_H = ৪ \times V_O$$

অর্থাৎ হাইড্রোজেনের ব্যাপন-বেগ, অক্সিজেনের ব্যাপন-বেগ অপেক্ষা ৪ গুণ বেশী। অন্য কথায়, হাইড্রোজেন অক্সিজেন অপেক্ষা চতুর্গুণ দ্রুতভাবে ব্যাপিত হইয়া থাকে।

$$\text{আবার, হাইড্রোজেনের ব্যাপন-বেগ} = \frac{\text{ব্যাপিত হাইড্রোজেনের আয়তন}}{\text{সময়}}$$

$$\text{এবং অক্সিজেনের} = \frac{\text{ব্যাপিত অক্সিজেনের আয়তন}}{\text{সময়}}$$

যদি, হাইড্রোজেন ও অক্সিজেনের ব্যাপিত আয়তনকে যথাক্রমে V ও V_1 ধরা যায় এবং উহাদের ব্যাপন-সময়কে যথাক্রমে t ও t_1 ধরা যায়, তবে

$$V_H = \frac{V}{t} \text{ এবং } V_O = \frac{V_1}{t_1}$$

$$\text{কিন্তু } V_H = ৪ \times V_O \qquad \therefore \frac{V}{t} = ৪ \times \frac{V_1}{t_1}$$

গ্যাসের পারস্পরিক ব্যাপন-বেগের এই সহজাত পদার্থকে, উহাদের মিশ্র হইতে পৃথকীকরণের ক্ষেত্রে প্রয়োগ করা চলে। এই প্রক্রিয়াকে বায়ববিশ্লেষ Atmolysis) বলা হয়।

গাণিতিক উদাহরণ

1. The speeds of diffusion of Carbon dioxide and of Ozone were found by Soret to be as ·29 and ·271. The relative density of Carbon dioxide is 22 (when H=1). What is the relative density of Ozone ?

সমাধান ঃ—ধরা যাক্ ওজোনের নির্ণেয় আপেক্ষিক ঘনত্ব $= D_o$

অতএব গ্রাহামের সূত্রানুযায়ী—

$$V_{CO_2} \times \sqrt{D_{CO_2}} = V_o \times \sqrt{D_o}$$

বা $\cdot২৯ \times \sqrt{২২} = \cdot২৭১ \times \sqrt{D_o}$

বা $\sqrt{D_o} = \frac{\cdot২৯ \times \sqrt{২২}}{\cdot২৭১} = \cdot২৯ \times ৪\cdot৬৯ \times ৩\cdot৬৯$

বা $\sqrt{D_o} = ৫\cdot০২$

বা $D_o = ২\cdot৫$ (আসন্ন মান)।

2. 100 c.c. of Hydrogen take 20 minutes to diffuse out of a vessel. How long will 40 c.c. of Oxygen take to diffuse under similar conditions ?

সমাধান ঃ—$\frac{O_2 \text{ এর ব্যাপন-বেগ}}{H_2 \text{ এর ব্যাপন বেগ}} = \sqrt{\frac{১}{১৬}} = \frac{১}{৪}$

কিন্তু অক্সিজেনের ব্যাপন-বেগ $= \frac{\text{অক্সিজেনের ব্যাপিত আয়তন}}{\text{সময়}} = \frac{v_1}{t_1}$

এবং হাইড্রোজেন „ „ $= \frac{\text{হাইড্রোজেনের ব্যাপিত আয়তন}}{\text{সময়}} = \frac{v}{t}$

$\therefore \frac{v}{t} = ৪ \times \frac{v_1}{t_1}$ বা $t_1 = ৪ \times \frac{v_1}{v} \times t = \frac{৪ \times ৪০ \times ২০}{১০০} = ৩২$ মিনিট।

3. In an expt. it was found that 500 c.c. of a gas A, diffused through a hole into a vacuum in the same time as 620 c.c. of air, Calculate the density of A relative to air.

সমাধান ঃ—গ্রাহামের সূত্রানুযায়ী—

$$\sqrt{\frac{\text{A গ্যাসটির ঘনত্ব}}{\text{বায়ুর ঘনত্ব}}} = \frac{\text{বায়ুর ব্যাপন বেগ}}{\text{A গ্যাসটির ব্যাপন বেগ}}$$

$$\therefore \frac{\text{A গ্যাসটির ঘনত্ব}}{\text{বায়ুর ঘনত্ব}} = (৬২০ \div ৫০০)^2 = ১\cdot৫৪$$

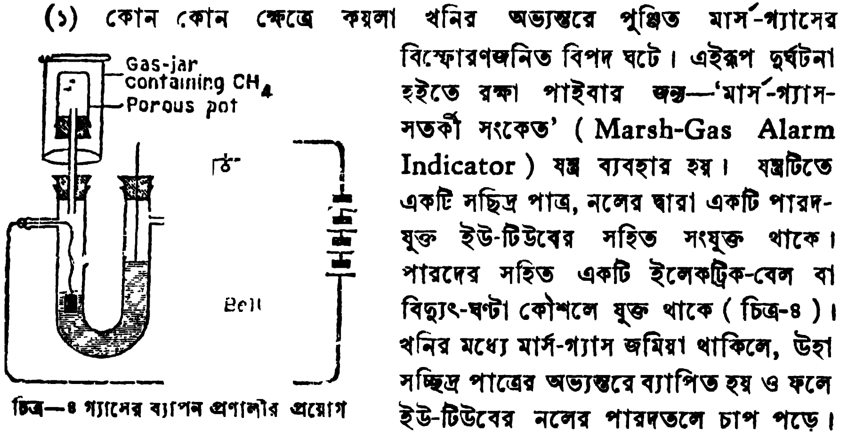
বা, বায়ুর আপেক্ষিকে, A গ্যাসটির ঘনত্ব $= ১\cdot৫৪$।

দ্বিতীয় অধ্যায়—সংযোজন

গ্যাসের ব্যাপন-প্রণালীর ব্যবহারিক প্রয়োগ :

(Practical application of the process of Diffusion of Gases) :

(১) কোন কোন ক্ষেত্রে কয়লা খনির অভ্যন্তরে পুঞ্জিত মার্স-গ্যাসের বিস্ফোরণজনিত বিপদ ঘটে। এইরূপ দুর্ঘটনা হইতে রক্ষা পাইবার জন্য—'মার্স-গ্যাস-সতর্কী সংকেত' (Marsh-Gas Alarm Indicator) যন্ত্র ব্যবহার হয়। যন্ত্রটিতে একটি সছিদ্র পাত্র, নলের দ্বারা একটি পারদ-যুক্ত ইউ-টিউবের সহিত সংযুক্ত থাকে। পারদের সহিত একটি ইলেকট্রিক-বেল বা বিদ্যুৎ-ঘণ্টা কৌশলে যুক্ত থাকে (চিত্র-৪)। খনির মধ্যে মার্স-গ্যাস জমিয়া থাকিলে, উহা সছিদ্র পাত্রের অভ্যন্তরে ব্যাপিত হয় ও ফলে ইউ-টিউবের নলের পারদতলে চাপ পড়ে। পারদ ইউ-টিউবের অন্য বাহুতে উঠিতে থাকে ও বৈদ্যুতিক সংযোগ ঘটিয়া ঘণ্টাটি, বিপদজ্ঞাপন করিয়া বাজিতে থাকে।



চিত্র—৪ গ্যাসের ব্যাপন প্রণালীর প্রয়োগ

(২) একটি গ্যাস-মিশ্র হইতে উপাদানগুলিকে ব্যাপনপ্রণালীর সাহায্যে পৃথক করা যাইতে পারে।

(৩) গ্যাসের ঘনত্ব নির্ণয়ের জন্য, ব্যাপন প্রণালীর প্রয়োগ করা যাইতে পারে।

গৃহে বায়ু-চলাচল (Ventilation) :—

ব্যাপন-প্রণালী সম্ভবতঃ গৃহাভ্যন্তরে বায়ু-চলাচলের ক্ষেত্রেও অংশ গ্রহণ করে। গৃহনির্মাণের উপাদানগুলি সছিদ্র বলিয়া, ইহার মধ্য দিয়া উভয় পথেই বায়ুর ব্যাপন ঘটে।—(মেলর)

বাষ্প প্রেষ-সূত্র (Laws of Vapour Pressure) :—

বাষ্প-প্রেষ সংক্রান্ত নিম্নোক্ত সূত্রগুলি গুরুত্বপূর্ণ :—

১। কোন তরল পদার্থের বাষ্প-প্রেষ, তরল পদার্থটির অধিকৃত আয়তনের উপর নির্ভরশীল নহে।

(২) উষ্ণতাবৃদ্ধির সহিত, বাষ্প-প্রেষের বৃদ্ধি ঘটে।

(৩) সংপৃক্ত বাষ্পের চাপ বায়ু বা অন্য কোন গ্যাসের উপস্থিতির সহিত সম্পর্কহীন।

ইহাও স্মরণ রাখা প্রয়োজন, অসংপৃক্ত বাষ্পই মাত্র (সংপৃক্ত বাষ্প নহে) বয়েলসূত্র অনুসরণ করিয়া থাকে।

আদর্শ গ্যাস (Ideal Gas or Perfect Gas) :

যে গ্যাস সম্পূর্ণ ও যথাযথরূপে বয়েল-সূত্র অনুসরণ করে, তাহাকে আদর্শ গ্যাস বলা হয়।

—২

1. What is Graham's Law of Diffusion ? [C. U. 1932]

The absolute density of Nitrogen is 1·25 gm./lit. and that of Hydrogen ·09 gm./lit. Calculate the volume of Nitrogen which would diffuse through a porous membrane of given area in the same time as 100 c.c. of Hydrogen. [Ans. = 26·8 c.c.]

2. If 16 c.c. of Hydrogen diffuse in 100 seconds, what vol. of SO_2. will diffuse in the same time under similar conditions ? *All., 1918.* [Ans. = 2·83 c.c.]

3. How many cubic centimetres of Hydrogen will pass through a porous plug in the same time as 1 c.c. of Air ? [Ans. = 3·79 c.c.]

4. Supposing that 374·2 c.c. of Hydrogen diffuse through a crack in 10 seconds, calculate how much Ethylene (C_2H_4) will diffuse in the same time. [Ans. = 100 c c.]

5. The relative rates of diffusion of HCl and C_2H_4, (Ethyline) are 167 and 191 respectively. Find the density of C_2H_4, given the density of HCl = 18·25. [Ans. = 13·95]

6. Equal vols. of H_2 and CH_4, are placed in a porous vessel, H_2 diffuses from this at the rate of one litre per hour. What is the proportion of H_2 to CH_4 at the end of one hour? [A. U. 1919]

7. 67 c.c. of SO_2 diffused in 5·5 minutes while under the same conditions 68·8 c.c. of H_2S diffused in 4 minutes. What is the ratio of densities of these two gases ? [Ans. = 1·87 : 1]

8. The rates of diffusion of Ozone and Chlorine are as 6 : 5. Assuming the density of *Chlorine* as 36, find the Mol. formula of ozone. (O = 16, Cl = 35·5) [Ans, = O_3]

9. 180 c.c. of a Hydrocarbon diffuse in 15 minutes when 120 c.c. of Sulphur dioxide (Mol. wt., 64) diffuse in 20 minutes. What is the Mol. wt. of the Hydrocarbon ? [Ans. = 16]

10. If 50 vols. of Hydrogen diffuse out of a vessel of 85 seconds, how long will 35 vols, of Nitrous oxide do so under the same conditions ? *All., 1936*

11. State Graham's Law of diffusion and show how advantage is taken of this law in the determination of the relative densities of gases.

তৃতীয় অধ্যায়

পদার্থের অনশ্বরতা : পদার্থ বা ভরের নিত্যতা

(Indestructibility of Matter : Conservation of Mass or Matter)

পূর্বে পদার্থের ও রাসায়নিক তুলার বর্ণনা করা হইয়াছে। বর্তমান অধ্যায়ে রাসায়নিক তুলার সাহায্যে কয়েকটি বিশেষ পরীক্ষা ও উহার ফলাফল বর্ণনা করা হইবে। এই পরীক্ষাফলগুলি বিশেষ গুরুত্বপূর্ণ ও প্রকৃতপক্ষে রসায়নশাস্ত্রের মৌল-ভিত্তি স্বরূপ।

কতকগুলি পরিচিত ঘটনা ধরা যাক্‌। জল স্ফুটন করিলে, উহা অদৃশ্য হইয়া যায়; একটি মোমবাতি দহন করিলে—উহার পলিতা ও মোম সম্পূর্ণ অদৃশ্য হইয়া যায় এবং দহনশীল মোমবাতিকে তুলার পাল্লায় স্থাপন করিলে লক্ষ্য করা যায়, উহার সমগ্র ওজনই কার্যতঃ বিনষ্ট হইয়া থাকে। আবার একটি ম্যাগনেসিয়ম ধাতুর তার, বায়ুতে তীব্র উত্তপ্ত করিলে, উহা প্রখর আলোক বিকীর্ণ করিয়া দহন হইতে থাকে এবং পরে একটি শুভ্র-অবশেষ পড়িয়া থাকে। এই শুভ্র-অবশেষকে ওজন করিলে দেখা যায়,—উহা পূর্বগৃহীত ম্যাগনেসিয়মের টুকরাটির অপেক্ষা ভারী। ইহাও দেখা যায় যে ক্ষুদ্র একটি বীজ হইতে, অনেক গুরুভার, একটি বিরাট বনস্পতির উদ্ভব হইয়া থাকে।

উপরোক্ত ঘটনাগুলির ব্যাখ্যা-প্রসংগে স্বভাবতঃই কতকগুলি প্রশ্ন আসে। জলের বাষ্পীভবন কালে, সত্যই কি জল বিনষ্ট হয়? মোমবাতির দহনকালে উহার উপাদানসমূহের কি প্রকৃতই বিনাশ ঘটে? ম্যাগনেসিয়মের দহনের ফলে, উহার ওজন কোথা হইতে—এবং কেন বর্ধিত হয়? পদার্থের সৃষ্টি কি আদৌ সম্ভব?

উপরোক্ত প্রশ্নগুলির প্রকৃত উত্তর যথাক্রমে আলোচনা করা যাক। জলকে স্ফুটন বা বাষ্পীভবন করিলে, উহা জলরূপে অদৃশ্য হয় বটে—কিন্তু অদৃশ্য বাষ্পের উদ্ভব হয়; অর্থাৎ প্রকৃতপক্ষে জলের অবস্থান্তর ঘটে—বিনাশ ঘটে না। মোমবাতির দহনের ফলে যে ওজন কমে, তাহার প্রকৃত কারণ—দহনের ফলে কতকগুলি অদৃশ্য ও বর্ণহীন গ্যাসের উদ্ভব হয় এবং এই গ্যাসগুলি বায়ুতে মিশিয়া যায় বলিয়া ওজন কমে। ম্যাগনেসিয়ামের দহনের ফলে যে ওজন বাড়ে, উহার কারণ—দহন কালে উহার সহিত অক্সিজেন সংযুক্ত হয়, এবং অক্সিজেনের সংযোগে যে শুভ্র-অবশেষ উৎপন্ন হয়, স্বতঃই উহা ম্যাগনেসিয়ম অপেক্ষা ওজনে ভারী। ক্ষুদ্র বীজ হইতে, বহুগুণে ভারী, বিরাট বৃক্ষের উদ্ভবও স্বতঃস্ফূর্ত নয়; উদ্ভূত বৃক্ষ, বায়ু ও ভূমি হইতে খাদ্য সংগ্রহ করে ও পুষ্টির ফলে উহার আয়তন ও ওজন বৃদ্ধি পায়। প্রকৃতপক্ষে, রসায়নে এতাবৎলব্ধ পরীক্ষা-ফল হইতে, কোনো ক্ষেত্রেই, কারণ বিনা পদার্থের হ্রাসবৃদ্ধির ঘটনা জানা যায় নাই। পদার্থ সর্বদাই অবিনাশী; কিন্তু রসায়নশাস্ত্রের ভিত্তিস্বরূপ নিম্নোক্ত সূত্রটির দ্বারা পদার্থের অবিনাশিতা বা অনশ্বরতা প্রকাশ করা হয়:

জড়ের নিত্যতা সূত্র (Law of Indestructibility of Matter)

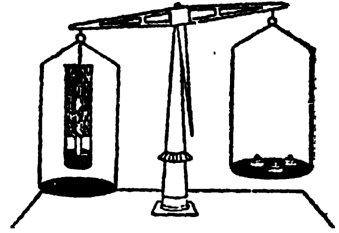
"কোনো রাসায়নিক বিক্রিয়াতেই, পদার্থের সৃষ্টি বা বিনাশ ঘটে না।"

পদার্থের অবিনাশিতার প্রমাণমূলক পরীক্ষা:

১। বাতি পরীক্ষা: পার্টিংটনের (Partington's) সংশোধিত প্রণালী:

দুইমুখ-খোলা একটি চওড়া কাঁচ-নল লওয়া হয়। কাঁচ-নলটির নিম্নাংশে একটি সচ্ছিদ্র ছিপি-দ্বারা বন্ধ থাকে ও উর্ধ্বাংশে একটি তামার তারজালির সাহায্যে কুইক-

লাইম ও সোডালাইমের-চূর্ণ দ্বারা, পূর্ণ থাকে। প্রথমে নিম্নের ছিপিটি খুলিয়া, উহার উপর একটি মোমবাতি রাখিয়া ছিপি বন্ধ করা হয়, ও সমগ্র নলটি একটি তুলার বামপাল্লাতে ঝুলাইয়া সতর্কভাবে ওজন লওয়া হয়। এখন, ছিপিটি পুনর্বার বিযুক্ত করিয়া, স্থাপিত মোমবাতিটি জ্বালান হয় ও দ্রুততার সহিত ছিপিটি পূর্বের ন্যায় নলের মুখে বন্ধ করা হয় ও পাল্লায় পূর্ববৎ ঝুলান হয় (চিত্র-৫), মোমবাতিটি নলের মধ্যে জ্বলিতে থাকে ও দহনের ফলে যে CO_2 ও H_2O উৎপন্ন হয়—উহারা সোডালাইম ও কুইক্‌লাইম স্তরে শোষিত হইয়া যায়; ফলে, নলের মধ্যে একটি আংশিক শূন্যতার সৃষ্টি হয় এবং ছিপিটির ছিদ্রপথে বায়ু নলমধ্যে আকর্ষিত হয়, ও বাতিটি বায়ু-সহযোগে কিছুক্ষণ জ্বলিতে থাকে। বাতিটি নিভিয়া গেলে, যন্ত্রটিকে শীতল করা হয় এবং আবার ওজন করা হয়। দ্বিতীয়বারের ওজন, কিছু বেশী হয়। এই বর্ধিত ওজনের কারণ, বাতির ও বাতির পলিতার উপাদানের সহিত দহনকালে অক্সিজেনের সংযোগ ঘটিয়া থাকে। এই পরীক্ষার ফলে ইহাই প্রমাণিত হয় যে, বাতিটি **বিনষ্ট হয় নাই**; বিনাশ ঘটিলে, ওজনের হ্রাস ঘটিত—বৃদ্ধি ঘটিত না। বাতিটি দহনের ফলে, এরূপ কতকগুলি পদার্থে পরিণত হয়—যাহাদের ওজন, বাতির ওজন অপেক্ষা বেশী।

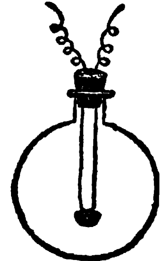


চিত্র, ৫—বাতি পরীক্ষা

২। চারকোল-পরীক্ষা ঃ

গোলক-তলযুক্ত (round-bottom) একটি কাঁচের ফ্লাস্ক লওয়া হয়। ফ্লাস্কটির মুখে একটি দৃঢ়বদ্ধ ছিপি থাকে, ও ছিপিটির মধ্য দিয়া দুইটি তামার তার ফ্লাস্কের মধ্যে প্রবিষ্ট থাকে। একটি তারের প্রান্তে, (ফ্লাস্কের মধ্যে)—একটি চামচ থাকে, ও অপর তারটি হইতে একটি সূক্ষ্ম প্লাটিনম-তার দ্বিতীয় তারের চামচটিকে (ফ্লাস্কের মধ্যে) স্পর্শ করিয়া থাকে। তার দুইটির বহিঃপ্রান্ত, দুইটি বিদ্যুৎ-কোষের দুই মেরুর সহিত যুক্ত করা হয় (চিত্র ৬)।

প্রথমে ছিপিটি খুলিয়া, তামার চামচের উপর একটি চারকোলের টুকরা স্থাপন করা হয় ও পরে ফ্লাস্কটিকে অক্সিজেন দ্বারা পূর্ণ করা হয়। এখন ছিপিটিকে, দৃঢ়রূপে বন্ধন করিয়া ফ্লাস্কটিকে সতর্কভাবে ওজন করা হয়। ফ্লাস্কটির বহিঃস্থ তামার তারের প্রান্ত দুইটি, এইবার বিদ্যুৎ-কোষের দুই-মেরুর সহিত সংযুক্ত করিয়া তড়িৎ প্রবাহ চালনা করিলে, ফ্লাস্কের মধ্যে প্লাটিনম-তারটি রক্ততপ্ত হইয়া উঠে ও



চিত্র,—৬ চারকোল-পরীক্ষা

উহার সংস্পর্শে রক্ষিত চামচের চারকোলটিও উত্তপ্ত হয় ও অক্সিজেন-সহযোগে উহার দহন ঘটিয়া, CO_2 গ্যাস উৎপন্ন হয়। বিক্রিয়ার শেষে সমগ্র যন্ত্রটি শীতল করিয়া, পুনর্বার ওজন করা হয়। দেখা যায়, যদিও চারকোলটি ভস্মীভূত হইয়া প্রায় অদৃশ্য হইয়াছে (অল্প ভস্ম মাত্র অবশিষ্ট থাকে), তথাপি যন্ত্রটির ওজন **অপরিবর্তিত রহিয়াছে**। চারকোলের টুকরাটি দহনের ফলে, কেবলমাত্র অদৃশ্য কার্বন ডায়ক্সাইড গ্যাসে রূপান্তরিত হইয়াছে। এই পরীক্ষাটি—পদার্থের অবিনাশিতা প্রমাণ করে।

৩। ল্যাভোয়াসিয়েরর পরীক্ষা (Lavoisier's Experiment) ঃ

ল্যাভোয়াসিয়ে (Lavoisier) একটি রিটর্টে, কিছু নির্দিষ্ট ওজনের টিন লইয়া ওজন করেন ও পরে রিটর্টটির মুখ উত্তাপদ্বারা গলিত করিয়া বন্ধ করেন। টিন-সমেত বন্ধ-রিটর্টটিকে প্রথমে ওজন করিয়া, পরে দীর্ঘ সময় উহাকে উত্তপ্ত করিলে, টিনের কিছু অংশ টিন-অক্সাইডরূপে পরিবর্তিত হয়। উত্তাপ-শেষে, রিটর্টটি শীতল করিয়া পুনর্বার ওজন করিলে, দেখা যায়—ওজন সম্পূর্ণরূপেই পূর্বের ন্যায় রহিয়াছে। ইহাতে প্রমাণিত হয় যে, যদিও একটি রাসায়নিক বিক্রিয়া (টিন→টিন অক্সাইড) ঘটিয়াছে, কিন্তু বিক্রিয়ার পূর্বে ও পরে পদার্থের পরিমাণ একই আছে ; অতএব—**পদার্থ অবিনাশী**।

৪। কপার-হাইড্রক্সাইড পরীক্ষা ঃ

কপার সালফেট দ্রবণ ও কষ্টিক পটাশ দ্রবণ, দুইটি পৃথক বীকারে লওয়া হইল এবং বীকার দুইটি—একটি তুলার বামপাল্লায় স্থাপন করিয়া ওজন করা হইল। এখন, কোন দ্রবণ বিনষ্ট না হয় এরূপভাবে, কিছু কষ্টিক পটাশ দ্রবণ বীকার হইতে লইয়া কপার সালফেটের বীকারে যোগ করা হইল। এই সহযোগের ফলে বিক্রিয়া ঘটিয়া প্রচুর অদ্রাব্য কপার হাইড্রক্সাইড উৎপন্ন হয়। বীকার দুইটিতে, একই তুলার বামপাল্লায়, পুনর্বার একত্রে ওজন করিলে দেখা যায় যে, যদিও একটি রাসায়নিক বিক্রিয়া ঘটিয়াছে, তথাপি—সমগ্র ওজন **অপরিবর্তিত** আছে। এইরূপে পদার্থের অবিনাশিতা প্রমাণিত হয়।

৫। ল্যাণ্ডোল্টের পরীক্ষা (Landolt's Experiment) ঃ

'ভরের-নিত্যতা' সংক্রান্ত যত পরীক্ষা হইয়াছে, তন্মধ্যে ল্যাণ্ডোল্টের পরীক্ষা শ্রেষ্ঠ ও বিশেষ উল্লেখযোগ্য। ল্যাণ্ডোল্ট, ১৮৯৩ হইতে ১৯০৮ সাল পর্যন্ত, প্রায় ১৫ বৎসর এই সংক্রান্ত পরীক্ষা করেন। ল্যাণ্ডোল্টের পরীক্ষার, সংক্ষিপ্ত বিবরণ, নিম্নে উল্লিখিত হইল।

একটি H-আকৃতি কাঁচ-নলের দুইটি বাহুতে যথাক্রমে ফেরাস-সালফেট দ্রবণ ও সিলভার-সালফেট দ্রবণ লওয়া হয় এবং নল দুইটির প্রান্তমুখে দুইটি—উত্তাপে গলিত করিয়া বন্ধ করিয়া দেওয়া হয় (চিত্র-৭)। এখন সতর্কভাবে, (যাহাতে দ্রবণ দুইটি মিশিয়া না যায়) একটি অতিসূক্ষ্ম তুলার এক পাল্লায় পূর্বোক্ত নলটি রাখিয়া—অপর পাল্লায় একই আকৃতির একটি শূন্য-নল বসাইয়া, পূর্বোক্ত দ্রবণসহ H-নলটির ওজন লওয়া হয়। ওজনের পরে যন্ত্রটিকে উল্টাইয়া ধরিলে, দুই বাহুর দ্রবণ দুইটি মিশিয়া যায় ও একটি প্রভূত তাপদায়ী রাসায়নিক বিক্রিয়া ঘটে এবং বিক্রিয়ার ফলে সিলভার সালফেট, ফেরাস সালফেট দ্বারা বিজারিত হইয়া সিলভার ধাতুতে পরিণত হয়। বিক্রিয়ার শেষে, যন্ত্রটি শীতল করিয়া, পূর্বের তুলায়—পূর্বের ন্যায় ওজন করা হয়। ল্যাণ্ডোল্ট লক্ষ্য করেন যে, ওজনের কোন পরিবর্তন ঘটে না।



চিত্র—৭
ল্যাণ্ডোল্টের পরীক্ষা

পরীক্ষাগুলি হইতে স্পষ্টই প্রতীয়মান যে, যদিও পদার্থের পুনর্বিন্যাস ঘটে, কিন্তু পদার্থের সৃষ্টি বা বিনাশ কখনই হয় না।

অতএব "পদার্থের অবিনাশিতা-সূত্র" পরীক্ষার দ্বারা প্রমাণিত। এই সূত্রকে সংক্ষেপে, নিম্নোক্তভাবে বর্ণনা করা যায়—

"পদার্থ অবিনাশী; ইহাকে সৃষ্টি বা ধ্বংস করা যায় না। ফলে, রাসায়নিক বিক্রিয়ার পূর্বে যে সমগ্র-পরিমাণ পদার্থ উপস্থিত থাকে, বিক্রিয়ার পরেও সেই সমগ্র-পরিমাণ পদার্থই, উপস্থিত থাকিবে।

তৃতীয় অধ্যায়—সংযোজন

শক্তির অনশ্বরতা (Conservation of Energy) :

শক্তি ও রাসায়নিক পরিবর্তন (Energy and Chemical Change) :

পূর্বে বর্ণনা করা হইয়াছে যে—

(১) আয়রন ও সালফারের মধ্যে রাসায়নিক বিক্রিয়া ঘটিয়া আয়রন সালফাইড উৎপন্ন হইবার কালে—**তাপ উদ্ভূত হয়**; বা কপারের ক্লোরিনে দহন ঘটিয়া, কপার ক্লোরাইড উৎপন্ন হইবার কালে, **তাপ উদ্ভূত হয়।**

বিপরীতক্রমে, মার্কিউরিক অক্সাইডের, মার্কারি ও অক্সিজেনে বিশ্লেষ-কালে **তাপ শোষিত হয়।**

(২) ম্যাগনেসিয়মের বায়ুতে দহন ঘটিয়া, ম্যাগনেসিয়ম অক্সাইড উৎপাদন-কালে—**আলোক উৎপন্ন করে**; বিপরীতক্রমে, ছায়াচিত্রের পাত্রে (photographic plate) যে রাসায়নিক বিক্রিয়া ঘটে—উহা—**আলোকের শোষণ** দ্বারাই ঘটে।

(৩) অম্লীকৃত-জলের রাসায়নিক বিশ্লেষণকালে, **তড়িৎ তরংগ** গৃহীত হয়; বিপরীতক্রমে, লঘু H_2SO_4, Cu এবং Znএর মধ্যে রাসায়নিক বিক্রিয়া ঘটিয়া, সরল বিদ্যুৎ-কোষে, **তড়িৎ তরংগ উৎপন্ন** হয়।

(৪) পটাসিয়ম ক্লোরেট ও আর্সেনিক সালফাইডের মিশ্রে চাপ প্রয়োগ করিলে রাসায়নিক বিক্রিয়া ঘটে; অর্থাৎ **যান্ত্রিক শক্তির প্রয়োগ** দ্বারা বিক্রিয়া ঘটে; পক্ষান্তরে, বিস্ফোরকগুলির ক্রিয়া, বা আমাদের পেশীসমূহের ক্রিয়া,—রাসায়নিক বিক্রিয়া-জাত **যান্ত্রিক শক্তির উদ্ভবের** উদাহরণ।

এই উদাহরণগুলি অন্যান্য উদাহরণ হইতেও—ইহা স্পষ্ট যে, কোন রাসায়নিক বিক্রিয়াই,—তাপ-শক্তি (heat), আলোক-শক্তি (light), রাসায়নিক শক্তি (chemical energy) এবং কোনো-কোনো ক্ষেত্রে যান্ত্রিক-শক্তির (mechanical energy) উৎপাদন বা শোষণ ভিন্ন ঘটে না। —এস্থলে প্রশ্ন, শক্তি কি?

শক্তি (Energy):

কোন পার্থিব বস্তুর শক্তি বলিতে, উহার কার্যকরী ক্ষমতাকে বুঝায়। শক্তি অর্থাৎ কার্য, বা কার্য হইতে উৎপন্ন বা কার্যে পরিণত হওয়ার ক্ষমতা।
(অস্টোয়াল্ডের (Ostwald) বর্ণনা)

পদার্থ ও শক্তি (Matter and Energy):

পরিপার্শ্বে চেতনাগ্রাহ্য দুইটি ধারণার সহিত আমাদের পরিচয় আছে, একটি বস্তু, ও অপরটি—শক্তি। বস্তু বা শক্তি, সর্বক্ষেত্রে আমাদের চেতনাগ্রাহ্য না-ও হইতে পারে। উদাহরণস্বরূপ, বায়ু যদিও বস্তু-বিশেষ, তথাপি উহা দৃষ্টিগ্রাহ্য নয়: কিন্তু বায়ু প্রবাহিত হইলে উহাকে অনুভব করা যায়। এইরূপে সূর্যের তাপও শক্তি-বিশেষ; উহাকে অনুভব করা যায়।

আবার একটি সচল ইষ্টকের সহিত, নিশ্চল ইষ্টকের পার্থক্য আছে। একটি উত্তপ্ত লৌহখণ্ড, একটি চুম্বকিত লৌহখণ্ড ও একটি সচল লৌহখণ্ড—উহাদের পারস্পরিক ধর্মের প্রভেদ আছে। ইষ্টকখণ্ড বা লৌহখণ্ডের বিভিন্ন অবস্থা হইতে,—উত্তাপ, গতি প্রভৃতির ধারণার উদ্ভব হয়। একই বস্তুতে বিভিন্ন অবস্থার সঞ্চার, যাহার ফলে ঘটিয়া থাকে, তাহাকে **শক্তি (energy)** বলা হয়।

শক্তির প্রকারভেদ (Forms of Energy)

শক্তি যে সকল বিভিন্নরূপে প্রকাশিত হয়, উহাদের নিম্নোক্তরূপে শ্রেণীবিভাগ করা যায়—

(১) যান্ত্রিক শক্তি (mechanical energy), (২) তাপশক্তি (heat energy), (৩) আলোকশক্তি (light energy), (৪) শব্দশক্তি (sound energy), (৫) তড়িৎ বা চুম্বকশক্তি (electrical or magnetic energy) ও (৬) রাসায়নিক শক্তি (chemical energy)।

স্মরণ রাখা প্রয়োজন যে, সকল শক্তিরই আবার দুইটি শ্রেণী আছে : স্থৈতিক-শক্তি (potential energy) ও চল-শক্তি (kinetic energy); এবং শক্তির এই দুইরূপের পারস্পরিক পরিবর্তন প্রায়শঃই ঘটিয়া থাকে।

শক্তির রূপান্তর (Transformation or Convertibility of Energy)

শক্তির যে কোনো রূপকেই; প্রত্যক্ষভাবে বা মধ্যবর্তী ধারায়, অন্যরূপে পরিবর্তন করা চলে।

বহু সহস্র বৎসর পূর্বে সূর্যালোকে বর্ধিত বৃক্ষ, প্রোথিত হইয়া ভূ-স্তরের চাপে—অংগার-রূপে, কয়লায় রূপান্তরিত হয়। কয়লার দহন অর্থে, উহার অন্তঃস্থ অংগার বা কার্বনের—বায়ুস্থিত অক্সিজেনের সহিত দহন। অর্থাৎ, কয়লার মধ্যে সূর্যালোক ও তাপজাত স্থৈতিক রাসায়নিক শক্তি (potential chemical energy) সঞ্চিত ছিল।

কয়লার দহনে, এই সঞ্চিত **রাসায়নিক শক্তিই আলোক ও তাপশক্তিতে** রূপান্তরিত হয়। এই তাপশক্তিকে, বয়লারে প্রয়োগ করিয়া **বাষ্পশক্তি** উৎপাদন করা চলে; আবার বাষ্পশক্তির সাহায্যে একটি নিশ্চল ইঞ্জিনের পিষ্টন (piston) চালনা করিয়া, **গতিশক্তি** উৎপন্ন করা চলে। গতিশক্তির সাহায্যে ডায়নামো (Dynamo) চালিত করিয়া,—**তড়িৎ-শক্তি** উৎপন্ন করা যায়। উৎপন্ন তড়িতের সাহায্যে **যান্ত্রিক-শক্তি** উৎপাদন যেমন ট্রামের চালনা, পাখার ঘূর্ণন ইত্যাদি, সম্পন্ন করা হয়, অথবা **আলোকশক্তিতে** পরিণত করিয়া বিজলী-বাতির আলোক উৎপাদন, বা **তাপশক্তিতে** পরিণত করিয়া বিদ্যুৎ-চুল্লীতে তাপ উৎপন্ন করা যায়। অতএব,

সঞ্চিত স্থৈতিক রাসায়নিক শক্তি → তাপশক্তি → যান্ত্রিক শক্তি → তড়িৎশক্তি ইত্যাদি।

রাসায়নিক বিক্রিয়ার অর্থ, শক্তিকে, একরূপ হইতে অন্যরূপে পরিবর্তন।

শক্তির অনশ্বরতা বা অবিনাশিতা (The conservation or Indestructibility of Enegry) ।

বস্তুর ন্যায় শক্তিও অবিনাশী। প্রত্যক্ষ পরীক্ষা হইতে জানা যায়, যখনই কোনো পরিমাণ শক্তি কোনো ক্ষেত্র হইতে অন্তর্হিত হয়, উহা সমপরিমাণ এক বা একাধিক শক্তির উদ্ভব করিয়া থাকে। আবদ্ধ ক্ষেত্রে, শক্তির কখনোই হ্রাস বা বৃদ্ধি ঘটে না। এই তথ্যটিকেই, **"শক্তির অবিনাশিতা সূত্র"** (Law of Conservation of Energy) বলা হয় এবং এই সূত্রটি, পদার্থবিদ্যার মৌলভিত্তিস্বরূপ। এই সূত্রটিকে নিম্নোক্তভাবেও বর্ণনা করা চলে :

"কোন বাস্তব ক্ষেত্রেই, ঐ ক্ষেত্রের বিভিন্ন অংশের ক্রিয়া-বিক্রিয়ার দ্বারা ঐ ক্ষেত্রের সমগ্র শক্তির পরিমাণের হ্রাস বা বৃদ্ধি ঘটানো সম্ভব নয়; কেবলমাত্র শক্তির রূপান্তর ঘটানো যাইতে পারে।

অনুশীলনী—৩

1. A piece of Champhor left exposed to the air loses in weight. Pieces of Iron become rusty on exposure to the air and increase in wt How would you reconcile the above facts with the statement that matter is indestructible ?
Pat,, 1922 ; C. U., 1910

2. How would you account for the *increase* or *loss* in wt. of certain substances when exposed to the air ? Give Illustrative examples. *C. U., 1912*

3. Describe an experiment to prove conclusively that matter is indestructible. Sketch the apparatus you would employ. *C. U., 1918*

4. A piece of straw is set fire to, when it burns away, Magnesium ribbon is burnt when we get its oxide. Describe experiments by which you will reconcile the above facts with the law of conservation of matter. *C. U., 1939*

5. A piece of Charcoal is burnt in air. It burns away and a small quantity of ash is left behind. How do you account for the apparent destruction of matter ? Give experimental evidence in support of your statement. *C. U., 1924*

6. When a piece of Sulphur is burnt in air it disappears. How could you prove that it is not destroyed ? How would you show that a portion of air only is concerned in the burning ? Sketch the apparatus you would use. *Pat., 1923.*

7. Matter is indestructible. Describe two experiments to prove the statement.

চতুর্থ অধ্যায়

রাসায়নিক সংযোগসূত্র সমূহ ঃ মাত্রামিতি ঃ ডাল্টনের পরমাণু-বাদ ও অ্যাভোগাড্রো প্রকল্প

(Laws of Chemical Combinations or Stoicheiometry : Dalton's Atomic Theory and Avogadro's Hypothesis)

বর্তমান অধ্যায়ের আলোচ্য—রাসায়নিক সংযোগসূত্র বা বিধিসমূহ, ডাল্টনের পরমাণু বাদ ও অ্যাভোগাড্রো-প্রকল্প। এই আলোচনার পূর্বে—**সূত্র** (Law), **তত্ত্ব বা বাদ** (Theory), এবং **প্রকল্পের** (Hypothesis) পার্থক্য আলোচনা প্রয়োজন।

প্রত্যক্ষ ইন্দ্রিয়গ্রাহ্য অভিজ্ঞতাকে—**তথ্য** (Fact) বলা হয়। তথ্য কেবল ইন্দ্রিয়গ্রাহ্য নয়, উহা প্রত্যক্ষ পরীক্ষা বা দর্শনের দ্বারা প্রমাণসিদ্ধও বটে। 'এক টুকরা শুক্‌না কাঠ, এক টুকরা ভিজা কাঠ অপেক্ষা সহজদাহ্য'—এই বর্ণনায় মধ্যে যে অভিজ্ঞতার প্রকাশ আছে, তাহার যাথার্থকে পরীক্ষা দ্বারা প্রমাণিত করা সম্ভব। এইরূপ যথার্থ অভিজ্ঞতাকে **তথ্য** বলা হয়।

বিজ্ঞানের প্রকৃত উদ্দেশ্য (aim) যথার্থ-লব্ধ অভিজ্ঞতার সংগত ব্যাখ্যা। যেমন—শুক্‌না কাঠ, ভিজা কাঠ অপেক্ষা কেন সহজদাহ্য ?'—এ প্রশ্নের উত্তরে একটি সংগত বুদ্ধিগ্রাহ্য ব্যাখ্যা প্রযোজন। এইরূপ বুদ্ধিগ্রাহ্য ব্যাখ্যায়, প্রথমতঃ কতকগুলি স্বতঃসিদ্ধ সিদ্ধান্তকে স্বীকার করিয়া লওয়া প্রয়োজন লইয়া থাকে। এইরূপ স্বীকৃত স্বতঃসিদ্ধ সিদ্ধান্তগুলিকে—**প্রকল্প** (Hypothesis) বলা হয়। যেমন, উপরোক্ত প্রশ্নের ব্যাখ্যারূপে বলা হয়—'কাঠের দহনে যে উষ্ণতা প্রয়োজন, ভিজা কাঠ শীতল বলিয়া সহজে সেই উষ্ণতা প্রাপ্ত হয় না।' এই ব্যাখ্যা যুক্তিসংগত হইতে পারে, কারণ ব্যাখ্যায় যে স্বতঃসিদ্ধ সিদ্ধান্ত করা হইয়াছে—উহার বিরুদ্ধে কোন তথ্যগত প্রমাণ নাই। যখন, কোনো প্রকল্প বা অনুমিত স্বতঃসিদ্ধ সিদ্ধান্ত, সর্বদাই সত্য বলিয়া প্রমাণিত হয়, তখন প্রকল্প হইতে—**তত্ত্ব বা বাদের** (Theory) সূত্রপাত হয়।

পরীক্ষালব্ধ তথ্যের নির্বিশেষে (generalised) প্রকাশকে, বিজ্ঞানে—**সূত্র বা বিধি** (Law) বলা হয়। সূত্র বা বিধি বলিতে, সাধারণ তথ্য বা নিত্য সংঘটনের বর্ণনাকে বুঝাইয়া থাকে। বিরুদ্ধ তথ্য সংঘটিত না হইলে, সূত্রকে সত্য বলিয়া গ্রহণ করা হয়।

প্রকল্প অর্থে, অনুমানগত সিদ্ধান্ত ধরা হয় ; দৃষ্ট ঘটনা বা তথ্যের বাহিরেও প্রকল্প অনুমান করা হয় ; কিন্তু সূত্রের ক্ষেত্র—দৃষ্ট ঘটনা বা তথ্য-নির্ভর।

রসায়ন শাস্ত্র পরীক্ষামূলক বিজ্ঞান। রসায়নের প্রথম স্তর—**পরীক্ষা** (Ex-priment); পরীক্ষার পরবর্তী স্তর—**পর্যবেক্ষণ** (Observation); পর্যবেক্ষণের পরবর্তী স্তর—**সিদ্ধান্ত** (Inferences)। সিদ্ধান্তের লক্ষ্য—কতকগুলি ঘটনাকে সত্য বলিয়া স্বীকার করিয়া অপর কতকগুলি ঘটনার সত্যতা-নিরূপণ। সিদ্ধান্তের পরিণত রূপ হইতেই প্রকল্প বা তত্ত্বের উদ্ভব হয়।

রাসায়নিক সংযোসূত্র সমূহ: বা মাত্রামিতি:

রাসায়নিক সংযোগ-সূত্র পাঁচটি। এই পাঁচটি সূত্রের মধ্যে, চারিটি পদার্থের ওজন-অনুপাতে সংযোগের নিয়ম প্রকাশিত করে এবং পঞ্চমটি—আয়তন-অনুপাতে গ্যাসের সংযোগের নিয়মকে প্রকাশিত করে। নিম্নে সূত্রগুলি, উহাদের আবিষ্কারক ও আবিষ্কার কালের তালিকা দেওয়া হইল।

১। **ভরের নিত্যতা-সূত্র** (ল্যাভয়সিয়ে—১৭৮৯)
(Law of conservation of mass : *Lavoisier*—1789)

২। **স্থিরানুপাত-সূত্র** (প্রাউস্ট—১৭৯৯)
(Law of Constant Proportion ; *Proust*—17.9)

৩। **গুণানুপাত-সূত্র** (ডাল্টন—১৮০৩)
(The Law of Multiple Proportion ; *Dalton*—1803)

৪। **মিথোনুপাত-সূত্র :** তুল্যাংক-অনুপাত-সূত্র : বা যোজনভারসূত্র (রিখটার—১৭৯২)
(The Law of Reciprocal Proportion or The Law of Equivalent Proportion or The Law of Combining Weights ; *Richter*—1792)

৫। **গ্যাসায়তন-সূত্র** (গে-লুস্যাক্ ; ১৮০৮)
(The Law of Gaseous Volumes, *Gay Lussac*—1808)

১। **ভরের নিত্যতা-সূত্র :** (**Law of Conservation of Mass**)

সকল রাসায়নিক বিক্রিয়াতেই বিক্রিয়ার পূর্বে, বিক্রিয়কগুলির সমগ্র ভর বিক্রিয়ার শেষে উৎপন্ন পদার্থসমূহের সমগ্র ভরের সহিত সমান থাকে।

উদাহরণ স্বরূপ, যদি A ও B দুইটি বিক্রিয়ক পদার্থের ভর যথাক্রমে m ও n হয় এবং বিক্রিয়ার ফলে যদি C ও D দুইটি পদার্থ উৎপন্ন হয়, যাহাদের ভর যথাক্রমে x ও y—তবে উপরোক্ত সূত্রানুযায়ী—

$$m+n=x+y \text{ হইবে}$$

২। **নির্দিষ্টানুপাত-সূত্র বা স্থিরানুপাত-সূত্র (Law of Definite or Constant Proportion):**

একই যৌগিকে, মৌলগুলি সর্বদাই স্থির নির্দিষ্ট থাকে এবং ঐ যৌগিকে মৌলগুলির ওজনের আনুপাতিক মাত্রাও সর্বদা একই থাকে।

যেমন, A ও B দুইটি মৌল যদি সংযুক্ত হইয়া AB যৌগিক উৎপাদন করে, তবে যে-কোনো প্রণালীতেই AB উৎপন্ন হউক না কেন, উহাতে সর্বদাই A ও B মৌলই মাত্র থাকিবে। যদি AB দুইটি বিভিন্ন প্রণালীতে উৎপন্ন করা যায় এবং প্রথম প্রণালীতে যদি A মৌলটির a গ্রাম, B মৌলটির b গ্রামের সহিত যুক্ত হইয়া থাকে, এবং দ্বিতীয় অনুসৃত প্রণালীতে যদি A মৌলের x গ্রাম, B মৌলের y গ্রামের সহিত যুক্ত হইয়া থাকে—তবে উপরোক্ত সূত্রানুযায়ী

$$\frac{a}{b}=\frac{x}{y} \text{ হইবে।}$$

উদাহরণ:

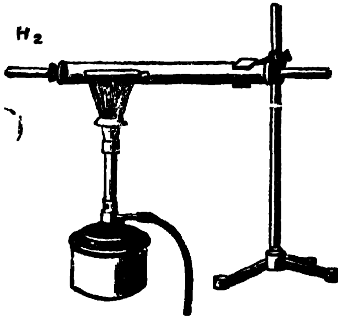
(১) **জল**, হাইড্রোজেন ও অক্সিজেনের যৌগিক; জল বিভিন্ন উৎস হইতে পাওয়া যায় এবং ইহাকে কৃত্রিমভাবেও প্রস্তুত করা চলে। স্থিরানুপাত-সূত্র সত্য হইলে—যে-কোনো উৎস হইতেই জল পাওয়া যাক্‌, বিশুদ্ধ অবস্থায়—প্রতি ৯ গ্রাম জলের বিশ্লেষণ ফলে সর্বদাই ১ গ্রাম হাইড্রোজেন ও ৮ গ্রাম অক্সিজেন পাওয়া উচিৎ, এবং উৎপন্ন যৌগিকটি জল হইলে, মৌলগুলির (হাইড্রোজেন ও অক্সিজেনের) পূর্বোক্ত অনুপাত নিত্য থাকা উচিৎ। বিভিন্ন নমুনার জল বিশ্লেষণ করিয়া সর্বদাই হাইড্রোজেন ও অক্সিজেনের ওজনের অনুপাত—১ : ৮ পাওয়া যায়।

(২) অনুরূপভাবে সোডিয়ম ক্লোরাইডকে অন্ততঃ ছয়টি বিভিন্ন প্রণালীতে প্রস্তুত করা চলে। সমুদ্র-জল ও লবণাক্ত হ্রদের জলের বাষ্পীভবনেও ইহা পাওয়া যায়। যে-কোনো প্রণালীতেই পাওয়া যাক—সোডিয়ম ক্লোরাইডকে (NaCl) বিশ্লেষণ করিলে—দেখা যায়, ওজনানুপাতে প্রতি ৫৮·৫ ভাগ সোডিয়ম ক্লোরাইডে—৩৫·৫ ভাগ ক্লোরিন ও ২৩ ভাগ সোডিয়ম আছে।

স্থিরানুপাত-সূত্রের পরীক্ষামূলক প্রমাণ:

প্রথমে বিভিন্ন প্রণালীতে উৎপন্ন বিশুদ্ধ কিউপ্রিক অক্সাইডের বিভিন্ন নমুনা লইয়া উহাদের নমুনা নং—১, ২-ইত্যাদিরূপে চিহ্নিত করা হয়। একটি পরিষ্কৃত পোর্সিলেন বোটের (boat) নিত্য ওজন যথারীতি নির্ধারিত করিয়া—উহাতে ১নং

নমুনায় কিছু কিউপ্রিক অক্সাইড রাখিয়া পুনর্বার ওজন করা হয়। এখন CuO সমেত বোটটিকে, একটি দৃঢ় কাঁচের অনুভূমিক নলে প্রবিষ্ট করাইয়া দেওয়া হয়, নলটিকে একটি দণ্ডের সহিত যুক্ত করিয়া (চিত্র ৮) এক-প্রান্ত হইতে বিশুদ্ধ ও অনার্দ্র হাইড্রোজেন চালনা করিয়া, নলটিকে উত্তপ্ত করিলে রাসায়নিক বিক্রিয়ায় CuO বিজারিত হইয়া, Cu ধাতুতে পরিণত হয়। বিজারণ সম্পূর্ণ হইবার পর, উত্তাপ ও হাইড্রোজেনের চালনা বন্ধ করিয়া, পোর্সিলেন বোটটিকে শীতল করা হয় এবং শোষকাধারে শীতল করিয়া যথা-রীতি ওজন করা হয়। ওজন নিত্য না হওয়া পর্যন্ত, উত্তপ্তকরা, ও ওজন করা ক্রমান্বয়ে করিতে হইবে।



চিত্র ৮—স্থিরানুপাত সূত্রের পরীক্ষা

গণনা ঃ—ধরা যাক্—

পোর্সিলেন বোটের ওজন $= a$ গ্রাম	CuO এর ওজন $= b - a$ গ্রাম
বোট + CuO এর " $= b$ "	Cu এর " $= c - a$ "
" + Cu এর " $= c$ "	অক্সিজেনের " $= b - c$ "

$\therefore$ CuOএর মধ্যে, Cuএর শতকরা মাত্রা $= \frac{১০০ \times (c-a)}{(b-a)}$

এবং, Cu এর মধ্যে Oএর শতকরা মাত্রা $= \frac{১০০ \times (b-c)}{(b-a)}$

অনুরূপভাবে, বিশুদ্ধ CuO এর ২, ৩, ৪ নং নমুনা লইয়া পূর্বের পরীক্ষা করিলে দেখা যায়—প্রতি নমুনাতেই, কপার এবং অক্সিজেনের মাত্রা একই থাকে।

অতএব পরীক্ষার দ্বারা প্রমাণিত হয় যে, একই CuO যৌগিক, একই মৌলবর্গ Cu ও O, একই মাত্রায় সর্বদা উপস্থিত থাকে; বা, স্থিরানুপাতের সূত্রের সত্যতা নির্ভুল।

গাণিতিক উদাহরণ

In an experiment ·936 gm. of Zinc was converted into the oxide by solution in Nitric acid and ignition of the nitrate. Wt. of oxide formed was 1·165 gm. In a second expt., 1·236 gms. of the metal was converted into the oxide by solution in Sulphuric acid, precipitation as carbonate and ignition of the carbonate. Wt. of oxide formed was 1·538 gms. Show that these results illustrate the Law of Constant Proportions.

প্রথম পরীক্ষা ঃ—অক্সিজেনের ওজন = ১.১৬৫ − .৯৩৬ = .২২৯ গ্রাম

∴ ZnO এর মধ্যে সংযুক্ত জিংক ও অক্সিজেনের ওজনের অনুপাত

.২২৯ : .৯৩৬

বা, ১ : ৪.০৯

দ্বিতীয় পরীক্ষা ঃ—অক্সিজেনের ওজন = ১.৫৩৮ − ১.২৩৬ = .৩০২ গ্রাম

∴ ZnOএর মধ্যে সংযুক্ত জিংক ও অক্সিজেনের ওজনের অনুপাত

.৩০২ : ১.২৩৬

বা, ১ : ৪.০৯

অতএব, দুইটি বিভিন্ন উপায়ে লব্ধ দুইটি নমুনার জিংক-অক্সাইডেই, জিংক ও অক্সিজেনের ওজনের অনুপাত স্থির থাকে।

গুণানুপাত সূত্র (Law of Muliple proportions) :

যখন একটি মৌল অপর একটি মৌলের সহিত যুক্ত হইয়া দুই বা ততোধিক যৌগিক উৎপন্ন করে—তখন একটি মৌলের কোন নির্দিষ্ট ওজনের সহিত অপর মৌলটি যে বিভিন্ন ওজনে যুক্ত হয়, সেই ওজনগুলির পরস্পরের সম্পর্ক সরল আনুপাতিক।

দ্রষ্টব্য ঃ—সরল অনুপাতের অর্থ ঃ—পূর্বোক্ত সূত্রে, 'সরল অনুপাত' কথাটি ক্ষুদ্র ও পূর্ণ সংখ্যাগুলির পরস্পরের মধ্যে যেরূপ অনুপাত সম্পর্ক থাকে, সেইরূপ অর্থে ব্যবহৃত হইয়াছে।

উদাহরণ ঃ

(১) হাইড্রোজেন, অক্সিজেনের সহিত যুক্ত হইয়া দুইটি যৌগিক—যথা জল ও হাইড্রোজেন পারক্সাইড উৎপন্ন করিয়া থাকে। পরীক্ষা করিলে দেখা যায় যে,

জলে ঃ—৮ ভাগ ওজনের অক্সিজেন, ১ ভাগ ওজনের হাইড্রোজেনের সহিত যুক্ত হইয়াছে।

হাইড্রোজেন পারক্সাইডে ঃ—১৬ ভাগ ওজনের অক্সিজেন, ১ ভাগ ওজনের হাইড্রোজেনের সহিত যুক্ত হইয়াছে।

অতএব, একই নির্দিষ্ট ওজন হাইড্রোজেনের (এক্ষেত্রে—১) সহিত যুক্ত অক্সিজেনের বিভিন্ন ওজনগুলি (এক্ষেত্রে—৮ ও ১৬) পরস্পরের সহিত ৮ : ১৬, বা, ১ : ২ সরল অনুপাতের সম্পর্কে আছে।

(২) অনুরূপভাবে, কার্বন ও অক্সিজেন পরস্পর যুক্ত হইয়া, দুইটি অক্সাইড উৎপন্ন করে ; যথা—কার্বন মনোক্সাইড ও কার্বন ডায়ক্সাইড। পরীক্ষা করিলে দেখা যায় যে—

কার্বন মনোক্সাইডে ঃ—১ ভাগ ওজনের কার্বন, ১.৩৩ ভাগ ওজনের অক্সিজেনের সহিত যুক্ত আছে।

কার্বন ডায়কসাইডে ঃ—১ ভাগ ওজনের কার্বন, ২·৬৬ ভাগ ওজনের অক্সিজেনের সহিত যুক্ত আছে।

∴ কার্বনের নির্দিষ্ট ওজনের (এক্ষেত্রে—১) সহিত যুক্ত, অক্সিজেনের ওজনগুলির (এক্ষেত্রে—১·৩৩, ও ২·৬৬) সম্পর্কের অনুপাত ১·৩৩ : ২·৬৬ বা ১ : ২ ; অর্থাৎ সরল অনুপাত।

(৩) অনুরূপভাবে, কার্বন ও হাইড্রোজেন পরস্পরের সহিত যুক্ত হইয়া—মার্সগ্যাস (CH_4), ইথেন (C_2H_6), ইথিলীন (C_2H_4) ও অ্যাসেটিলীন (C_2H_2) উৎপন্ন করে। বিশ্লেষণ করিলে দেখা যায়—

মার্সগ্যাস বা মিথেনে ঃ

১২ ভাগ ওজনের কার্বন, ৪ ভাগ ওজনের হাইড্রোজেনের সহিত যুক্ত হয়।

ইথেনে ঃ

১২ ভাগ ওজনের কার্বন, ৩ ভাগ ওজনের হাইড্রোজেনের সহিত যুক্ত হয়।

ইথিলীনে ঃ

১২ ভাগ ওজনের কার্বন, ২ ভাগ ওজনের হাইড্রোজেনের সহিত যুক্ত হয়।

অ্যাসিটিলীনে ঃ

১২ ভাগ ওজনের কার্বন, ১ ভাগ ওজনের হাইড্রোজেনের সহিত যুক্ত হয়।

অতএব, বিভিন্ন ওজনের হাইড্রোজেন (এক্ষেত্রে—১, ২, ৩, ৪) একই ওজনের কার্বনের (এক্ষেত্রে—১২) সহিত যুক্ত হইয়া পরস্পরের মধ্যে ১ : ২ : ৩ : ৪ বা একটি সরল অনুপাত রক্ষা করিতেছে।

(৪) অনুরূপভাবে, নাইট্রোজেন ও অক্সিজেন পরস্পরের সহিত যুক্ত হইয়া—N_2O, NO, N_2O_3, N_2O_4 ও N_2O_5, পাঁচটি বিভিন্ন অক্সাইড উৎপন্ন করে। এই অক্সাইডগুলির বিশ্লেষণে দেখা যায়—

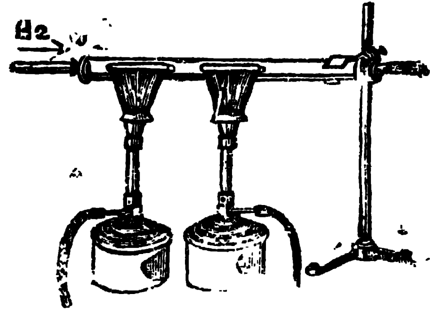
নাইট্রাস অক্সাইডে (N_2O)—১ ভাগ ওজনের N, ·৫৭ ভাগ ওজনের O এর সহিত যুক্ত হয়
নাইট্রিক অক্সাইডে (NO)— „ „ „ ১·১৪ „ „ „ „
নাইট্রোজেন ট্রায়কসাইডে (N_2O_3)— „ „ ১·৭১ „ „ „ „
নাইট্রোজেন পারক্সাইডে (N_2O_4)— „ „ ২·২৮ „ „ „ „
নাইট্রোজেন পেণ্টক্সাইডে (N_2O_5)— „ „ ২·৮৫ „ „ „ „

অতএব অক্সিজেনের বিভিন্ন ওজনগুলি (যথা—·৫৭, ১·১৪, ১·৭১, ২·২৮ ও ২·৮৫) একই ওজন নাইট্রোজেনের (যথা—১) সহিত যুক্ত হইয়া—১ : ২ : ৩ : ৪ : ৫ —একটি সরল অনুপাত রক্ষা করিতেছে।

(৫) গুণানুপাত-সূত্রের পরীক্ষামূলক প্রমাণ ঃ

১ নং ও ২ নং দুইটি পরিষ্কৃত পোর্সিলেন বোটের যথারীতি নিত্য ওজন নির্ধারণ করা যায়। এখন বিশুদ্ধ কিউপ্রাস ও কিউপ্রিক অক্সাইডের দুইটি নমুনা লইয়া

১নং বোটে কিছু অনার্দ্র ও বিশুদ্ধ কৃষ্ণবর্ণ কিউপ্রিক অক্সাইড রাখিয়া পুনর্বার ওজন করা হয়। অনুরূপভাবে, ২নং বোটে—কিছু অনার্দ্র ও বিশুদ্ধ রক্তবর্ণ কিউপ্রাস অক্সাইড রাখিয়া পুনর্বার ওজন করা হয়। অক্সাইড-সহ বোট দুইটিকে, অনুভূমিকভাবে রক্ষিত একটি সুদৃঢ় কাঁচের নলে এরূপভাবে প্রবিষ্ট করান হয়, যেন ১নং বোট নলটির মাঝামাঝি, ও ২নং বোট ১নং বোটের পাশে ও নলটির একপ্রান্তে থাকে। এখন ২নং বোটের নিকটের প্রান্ত হইতে ধীরভাবে, বিশুদ্ধ ও অনার্দ্র হাইড্রোজেন গ্যাস চালনা করিয়া বোটগুলিকে নলের বাহির হইতে তীব্র উত্তপ্ত করিলে (চিত্র ৯), হাইড্রোজেন উত্তপ্ত অক্সাইডগুলিকে বিজারিত করিয়া কপার ধাতুতে পরিণত করে। পরে, বোটগুলিকে বাহির করিয়া ও শোষকাধারে যথারীতি শীতল করিয়া সতর্কভাবে তুলায় ওজন করা হয়। বোট দুইটির ওজন নিত্য না হওয়া পর্যন্ত, উত্তপ্ত করা, শীতল করা ও ওজন করা ক্রমান্বয়ে করিতে হয়।



চিত্র ৯—গুণানুপাত সূত্রের পরীক্ষা

গণনা— **কিউপ্রিক অক্সাইড-সহ বোট ঃ**

ধরা যাক—১ নং পোর্সিলেন বোটের ওজন $= w_1$ গ্রাম
১নং বোট $+$ CuOএর „ $= w_2$ „
১নং বোট $+$ Cuএর „ $= w_3$ „
$\therefore$ Cuএর ওজন $= (w_3 - w_1)$ „
এবং অক্সিজেনের ওজন $= (w_2 - w_3)$ „

অতএব, $(w_2 - w_3)$ গ্রাম অক্সিজেন—$(w_3 - w_1)$ গ্রাম কপারের সহিত যুক্ত হয়। সুতরাং ১ গ্রাম অক্সিজেন, ধরা যাক x গ্রাম কপারের সহিত যুক্ত হয়,

$$\therefore (w_2 - w_3) : ১ :: (w_3 - w_1) : x$$

বা, $x = \dfrac{w_3 - w_1}{w_2 - w_3}$ গ্রাম কপার

কিউপ্রাস অক্সাইডসহ বোট ঃ

ধরা যাক—২নং পোর্সিলেন বোটের ওজন $= a$ গ্রাম
২নং বোট $+$ Cu_2Oএর „ $= b$ গ্রাম
২নং বোট $+$ Cuএর „ $= c$ গ্রাম

$\therefore$ কপারের ওজন $=(c-a)$ গ্রাম

এবং অক্সিজেনের " $=(b-c)$ গ্রাম

অতএব, $(b-c)$ গ্রাম অক্সিজেন, $(c-a)$ গ্রাম কপারের সহিত যুক্ত হইয়াছে; বা ১ গ্রাম অক্সিজেন যদি y গ্রাম কপারের সহিত যুক্ত ধরা যায়—

$$(b-c) : ১ :: (c-a) : y$$

$$\text{বা} \quad y=\frac{(c-a)}{(b-c)} \text{ গ্রাম কপার}$$

প্রকৃত পরীক্ষায় দেখা যায়, কপারের দুইটি অক্সাইডের মধ্যে একই ওজনের অক্সিজেনের (অর্থাৎ ১ গ্রাম) সহিত যুক্ত, কপারের বিভিন্ন ওজনগুলির (অর্থাৎ পূর্বোক্ত x এবং y) মধ্যের অনুপাত—সর্বদাই ১ : ২

গাণিতিক উদাহরণ

1. *Copper gives 2 oxides. On heating 1 gm. of each in Hydrogen, we get ·888 gm. and ·798 gm. of the metal. Show that the results agree with the Law of Multiple Proportions.*

সমাধান ঃ—

প্রথম অক্সাইডের ১ গ্রাম হইতে—·৮৮৮ গ্রাম কপার, এবং
দ্বিতীয় " ১ " " ·৭৯৮ " " পাওয়া যায়।

$\therefore$ ·৮৮৮ গ্রাম কপার, (১ − ·৮৮৮) বা ·১১২ গ্রাম অক্সিজেনের সহিত যুক্ত হইয়া **প্রথম অক্সাইডটি** উৎপন্ন করে; এবং ·৭৯৮ কপার, (১ − ·৭৯৮) বা ·২০২ গ্রাম অক্সিজেনের সহিত যুক্ত হইয়া **দ্বিতীয় অক্সাইডটি** উৎপন্ন করে।

অর্থাৎ প্রথম অক্সাইডে ১ গ্রাম অক্সিজেন, (·৮৮৮ ÷ ·১১২) বা ৭·৯ গ্রাম কপারের সহিত যুক্ত থাকে; এবং

১ গ্রাম অক্সিজেন. (·৭৯৮ ÷ ·২০২) বা ৩·৯৫ গ্রাম কপারের সহিত যুক্ত থাকে।

অতএব, নির্দিষ্ট ওজনের অক্সিজেনের সহিত (অর্থাৎ, ১ গ্রাম) যুক্ত কপারের বিভিন্ন ওজনগুলির অনুপাত ৩·৯৫ : ৭·৯ বা ১ : ২। ইহা, গুণানুপাত-সূত্রকে প্রমাণিত করে।

2. *In experiments on the effect of heating oxides of Lead in a current of Hydrogen, the following rusults were obtained. Show that they are in agreement with the Law of Multiple Proportions :—*

(*a*) **1·393 gms. of *litharge* gave 1·293 gms. of Lead.**

(*b*) **2·173 gms. of *Lead peroxide* gave 1·882 gms. of Lead.**

(*c*) **1·712 gms. of *Red lead* gave 1·552 gms. of Lead.**

সমাধান ঃ

১ গ্রাম লেডের সহিত যুক্ত, অক্সিজেনের বিভিন্ন ওজনগুলি—যথাক্রমে

(ক) PbO এর মধ্যে, ১ গ্রাম Pb, $\frac{(১·৩৯৩-১·২৯৩)}{১·২৯৩}$ গ্রাম অক্সিজেনের সহিত যুক্ত হয়

বা ·০৭৭৩৪ " " " " "

(ক) PbO এর মধ্যে, ১ গ্রাম Pb, $\frac{(১'৩৯৩ - ১'২৯৩)}{১'২৯৩}$ গ্রাম অক্সিজেনের সহিত যুক্ত হয়

বা '০৭৭৩৪ ,, ,, ,, ,, ,,

(খ) PbO_2 এর মধ্যে ১ গ্রাম Pb, $\frac{২'১৭৩ - ১'৮৮২}{১'৮৮২}$ গ্রাম অক্সিজেনের সহিত যুক্ত হয়

বা, '১৫৪৬ ,, ,, ,, ,, ,,

(গ) Pb_3O_4 এর মধ্যে, ১ গ্রাম Pb, $\frac{১'৭১২ - ১'৫৫২}{১'৫৫২}$ গ্রাম অক্সিজেনের সহিত যুক্ত হয়

বা, '১০৩১ ,, ,, ,, ,, ,,

অতএব পূর্বোক্ত তিনটি অক্সাইডে ১ গ্রাম লেডের সহিত সংযুক্ত অক্সিজেনের অনুপাত যথাক্রমে—'০৭৭৩৪ : '১৫৪৬ : '১০৩১ বা ৩ : ৬ : ৪। অতএব গুণানুপাত-সূত্র প্রমাণিত হয়।

৪। মিথোনুপাত সূত্র এবং তুল্যাংক অনুপাত সূত্র (The Law of Reciprocal proportions and Law of Equivalent Proportions) :

যে ওজনগুলির দ্বারা দুই বা ততোধিক মৌল, পৃথকভাবে নির্দিষ্ট ওজনের অপর একটি মৌলের সহিত মিলিত হয়—মৌলগুলির পরস্পরের মধ্যে সংযোগের ক্ষেত্রে, সেই ওজনগুলি বা সেই ওজনগুলির গুণিতকের দ্বারাই তাহাদের পারস্পরিক সংযোগ সূচিত হয়।

উদাহরণ :

(১) কার্বন ও অক্সিজেন পৃথক পৃথক ভাবে হাইড্রোজেনের সহিত যুক্ত হয়; আবার, পরস্পরের সহিতও যুক্ত হয়। মিথেন (CH_4), জল (H_2O) ও কার্বন ডায়ক্সাইডের উদাহরণ ধরা যাক্।

CH_4এর মধ্যে :—১২ গ্রাম কার্বন, ৪ গ্রাম হাইড্রোজেনের সহিত যুক্ত হয়।

H_2Oএর মধ্যে :—১৬ „ অক্সিজেন ২ গ্রাম „ „ „ „

৩২ „ „ ৪ „ „ „ „ „

CO_2এর মধ্যে :—১২ „ কার্বন ৩২ „ অক্সিজেনের „ „ „

অর্থাৎ, ১২ গ্রাম কার্বন ৪ গ্রাম হাইড্রোজেনের সহিত যুক্ত হইয়া, CH_4 এবং ৩২ গ্রাম অক্সিজেন ৪ গ্রাম হাইড্রোজেনের সহিত যুক্ত হইয়া, জল উৎপন্ন করে। অতএব, কার্বন ও অক্সিজেনের মধ্যে যদি সংযোগ ঘটে—উহাদের মধ্যের সংযোগ অনুপাত (১) ১২ : ৩২ হইবে, অথবা (২) ১২ : ৩২ এর গুণিতক অনুপাত হইবে।

কার্বন ডায়ক্সাইডের মধ্যে (কার্বন ও অক্সিজেনের সংযোগ)—কার্বন ও অক্সিজেনের সংযোগের অনুপাত প্রকৃতই ১২ : ৩২।

(২) PCl_3এর মধ্যে—ফসফোরাসের ৩১ ভাগ ওজন, ৩ × ৩৫'৫ ভাগ ওজনের ক্লোরিনের সহিত যুক্ত হয়; এবং

PH_3এর মধ্যে—ফসফোরাসের ৩১ ভাগ ওজন, ৩ ভাগ ওজনের হাইড্রোজেনের সহিত যুক্ত হয়।

অতএব হাইড্রোজেন ও ক্লোরিনের সহিত, আদৌ কোন সংযোগ ঘটিলে—ইহা ৩ : ৩ × ৩৫'৫ ওজনের অনুপাতে ঘটিবে; এবং হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের

বিশ্লেষণে দেখা যায়, প্রকৃতই হাইড্রোজেন ও ক্লোরিন ১ : ৩৫.৫ ওজনের অনুপাতে যুক্ত হইয়াছে।

দ্রষ্টব্য ঃ—'যথানুপাত সূত্র' প্রকৃতপক্ষে তুল্যাংক-অনুপাত সূত্রের' বিশেষ নির্বাচন।

অক্সিজেন বহু মৌলের সহিত যুক্ত হয়। এই সংযোগগুলি হইতে যখন ৮ গ্রাম অক্সিজেনের সহিত সংযোগের হিসাবে মৌলগুলির পৃথক পৃথক ওজন গ্রামে নির্ধারণ করা যায়, তখন দেখা যায়—মৌলগুলি পারস্পরিক সংযোগের ক্ষেত্রে, ঐ ওজনগুলি বা ঐ ওজনগুলির গুণিতকের অনুপাতেই পরস্পর সংযুক্ত হয়

যেমন,—৮ গ্রাম অক্সিজেন,— ১ গ্রাম হাইড্রোজেনের সহিত যুক্ত হয়
২০ গ্রাম ক্যালসিয়মের সহিত যুক্ত হয়
৩৫.৫ গ্রাম ক্লোরিনের সহিত যুক্ত হয়
১৯ গ্রাম ফ্লোরিনের সহিত যুক্ত হয়
১২ গ্রাম ম্যাগনেসিয়মের সহিত যুক্ত হয়।

অতএব, বিভিন্ন মৌলগুলির পরস্পরের মধ্যে যদি আদৌ সংযোগ ঘটে—তবে উহারা উপরোক্ত ওজনের, অথবা ঐ ওজনগুলির গুণিতকের অনুপাতেই পরস্পর সংযুক্ত হইবে। অর্থাৎ—

১ গ্রাম হাইড্রোজেন— ২০ গ্রাম ক্যালসিয়মের সহিত যুক্ত হইবে
বা ৩৫.৫ গ্রাম ক্লোরিনের সহিত যুক্ত হইবে
বা ১৯ গ্রাম ফ্লোরিনের সহিত যুক্ত হইবে
এবং ২০ গ্রামে ক্যালসিয়ম—৩৫.৫ গ্রাম ক্লোরিনের সহিত যুক্ত হইবে
বা ১৯ গ্রাম ফ্লোরিনের সহিত যুক্ত হইবে

কিন্তু মৌলগুলির যে বিভিন্ন ওজন, ১ ভাগ হাইড্রোজেনের ওজন, বা ৮ ভাগ অক্সিজেনের ওজনের সহিত যুক্ত হয়, তাহাদের—মৌলগুলির তুল্যাংক-ভার বা যোজন-ভার বলা হইয়া থাকে। অতএব নিম্নলিখিত রূপেও তুল্যাংক-অনুপাত সূত্রকে বিবৃত করা যায়।

তুল্যাংক অনুপাত সূত্র (Law of Equivalent Proportions) ঃ

মৌলগুলি পরস্পরের মধ্যে সংযোগকালে, তুল্যাংক অনুপাতে, বা তুল্যাংকগুলির গুণিতকের অনুপাতে সংযুক্ত হয়।

৫। গ্যাসায়তন সূত্র বা গে-লুস্যাকের সূত্র (The Law of Gaseous Volumes or Gay Lussac's Law) ঃ

যখন বিভিন্ন গ্যাসের মধ্যে বিক্রিয়ার ফলে সংযোগ ঘটে, তখন একই উষ্ণতা ও চাপের পরিমাপে—(১) বিক্রিয়ক গ্যাসগুলির পরস্পরের আয়তনের মধ্যে একটি সরল অনুপাত রক্ষিত হয়; এবং, (২) বিক্রিয়ার ফলে উৎপন্ন পদার্থটি যদি গ্যাস হয় তবে উহার আয়তনের সহিত বিক্রিয়ক গ্যাসগুলির আয়তনেরও একটি সরল অনুপাত রক্ষিত হয়।

উদাহরণ ঃ

(ক) ১ আয়তন হাইড্রোজেন এবং ১ আয়তন ক্লোরিন পরস্পর সংযুক্ত হইলে ২ আয়তন হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড গ্যাস উৎপন্ন হয়। (অনুপাত—১ : ১ : ২)

(খ) ২ আয়তন কার্বন মনোক্সাইড ও ১ আয়তন অক্সিজেন পরস্পর সংযুক্ত হইলে ২ আয়তন কার্বন মনোক্সাইড গ্যাস উৎপন্ন হয়। (অনুপাত—২ : ১ : ২)

(গ) ২ আয়তন হাইড্রোজেন এবং ১ আয়তন অক্সিজেন পরস্পর সংযুক্ত হইলে ২ আয়তন জলীয় বাষ্প উৎপন্ন হয়।

(ঘ) ১ আয়তন নাইট্রোজেন এবং ৩ আয়তন হাইড্রোজেন পরস্পর সংযুক্ত হইলে ২ আয়তন অ্যামোনিয়া উৎপন্ন হয়।

অর্থাৎ প্রতিক্ষেত্রেই বিক্রিয়ক গ্যাসগুলির পারস্পরিক আয়তনের মধ্যে একটি সরল অনুপাত বহন করিতেছে এবং উৎপন্ন গ্যাসের আয়তনের সহিত, বিক্রিয়ক গ্যাসগুলির আয়তনগুলিও একটি সরল অনুপাত বহন করিতেছে।

পদার্থের মূল উপাদান ও ডাল্টনের মতবাদ

পদার্থের চরম উপাদান সম্বন্ধে প্রাচীন হিন্দু ও গ্রীক দার্শনিকগণের নিজস্ব মতবাদ ছিল। তাঁহারা পদার্থের চরম উপাদানরূপে, অদৃশ্য ও অবিভাজ্য অতি ক্ষুদ্র কণা বা 'পরমাণু'র (atoms) অস্তিত্ব সম্বন্ধে কল্পনা করিয়াছিলেন। পদার্থের চরম উপাদানরূপে পরমাণু ও পরমাণুর স্বরূপ সম্বন্ধে একটি সুসম্বদ্ধ তত্ত্ব, ডাল্টনই (১৮০৮) প্রথম আবিষ্কার করেন ও এই তত্ত্বই সর্বপ্রথম, আধুনিক পরমাণুবাদরূপে রাসায়নিক সযোগসূত্রসমূহের একটি সুসংগত ব্যাখ্যা উপস্থাপন করে।

ডাল্টনের পরমাণুবাদ (Dalton's Atomic Theory) :

ডাল্টনের পরমাণুবাদ কতকগুলি স্বতঃসিদ্ধ অনুমান বা প্রকল্পের উপর প্রতিষ্ঠিত। এই প্রকল্পগুলি নিম্নরূপ—

(১) পদার্থ মাত্রই বিচ্ছিন্ন-সমবায় (Discrete) ; এবং সেই সমবায়, অতিক্ষুদ্র বস্তুকণা বা পরমাণু (atom) সমষ্টি। পরমাণুগুলি রাসায়নিক বিক্রিয়াকালে অবিভাজ্য থাকে এবং রাসায়নিক বিক্রিয়াকালে পরমাণুর সৃষ্টি বা ধ্বংস অসম্ভব।

(২) একই মৌলের পরমাণুগুলির পরস্পরের সমধর্মী ও সম ওজনবিশিষ্ট হইয়া থাকে।

(৩) বিভিন্ন মৌলের পরমাণুগুলির পরস্পরের সহিত বিভিন্নধর্মী ও বিভিন্ন ওজনবিশিষ্ট হইয়া থাকে।

দ্রষ্টব্য :—উপরোক্ত বর্ণনার অর্থ, হাইড্রোজেনের সকল পরমাণুগুলি একই ধর্মবিশিষ্ট ও একই ওজন বিশিষ্ট; সেইরূপ অক্সিজেনের সকল পরমাণুগুলিই—একই ধর্মবিশিষ্ট ও একই ওজনবিশিষ্ট। কিন্তু, একটি অক্সিজেন পরমাণু—একটি হাইড্রোজেন পরমাণুর ভৌত ও রাসায়নিক ধর্মাবলীর তুলনায় ভিন্নধর্মী ; যেমন, অক্সিজেন পরমাণুর তুলনায় ১৬ গুণ ভারী।

(৪) দুই বা ততোধিক মৌলের মধ্যে উহাদের পরমাণুগুলির সংযোগ বা পুনর্বিন্যাস ঘটিলে, রাসায়নিক বিক্রিয়া ঘটে। এই সংযোগ বা পুনর্বিন্যাস—সরল গাণিতিক অনুপাতক্রমে (যথা ১ : ১; ১ : ২ ; ১ : ৩; ২ : ৩ ইত্যাদি রূপে), ঘটিয়া থাকে।

যেমন A ও B দুইটি মৌলের মধ্যে রাসায়নিক সংযোগের অর্থ, A ও B মৌলের

সামগ্রিক সম্মিলন নয়; এক বা একাধিক, A মৌলের পরমাণু—B মৌলের এক বা একাধিক পরমাণুর সহিত ঘনিষ্ঠভাবে সংশ্লিষ্ট হইতে থাকে; ফলে, ক্ষুদ্র ক্ষুদ্র পরমাণু-সম্মিলন ঘটিয়া সমানভাবে A ও B মৌলের সংযোগ ঘটে। সে কারণেই জলের ক্ষুদ্রতম কণাও—দুইটি হাইড্রোজেন পরমাণু ও একটি অক্সিজেন পরমাণুর সম্মিলিত রূপ।

(৫) মৌলগুলির যোজন ভার (Combining Weights) অর্থে উহাদের পরমাণুগুলিরও যোজনভার বুঝাইয়া থাকে।

পরমাণুবাদ ও উহার প্রয়োগ দ্বারা রাসায়নিক সংযোগ-সূত্র সমূহের ব্যাখ্যা :—

ডাল্টনের পরমাণুবাদের সিদ্ধান্তগুলিকে সত্য বলিয়া গ্রহণ করিয়া লইলে, চারিটি রাসায়নিক সংযোগসূত্র যে ডাল্টনের পরমাণুবাদের অনুসিদ্ধান্ত মাত্র তাহা সহজেই প্রমাণ করা চলে।

(১) ভরের নিত্যতাসূত্র ও পরমাণুবাদ দ্বারা ব্যাখ্যা :

ডাল্টনের পরমাণুবাদে, পরমাণুগুলিকে সৃষ্টি ও ধ্বংসবহির্ভূত অবিভাজ্য কণারূপে কল্পনা করা হয়। তাহা হইলে, কোন রাসায়নিক বিক্রিয়ার প্রারম্ভে যতগুলি পরমাণু থাকে, সৃষ্টি বা ধ্বংস নাই বলিয়া, বিক্রিয়াশেষে ততগুলি পরমাণু অবশ্যই থাকিবে। আবার, পরমাণু মাত্রেরই নির্দিষ্ট ওজন আছে। অতএব, নির্দিষ্ট সমগ্র সংখ্যক পরমাণুর, সমগ্র ভরও নির্দিষ্ট হইবে; অর্থাৎ রাসায়নিক বিক্রিয়ার পূর্বে ও পরে, ভরের হ্রাসবৃদ্ধি হইবে না।

(২) স্থিরানুপাত সূত্র ও পরমাণুবাদ দ্বারা ব্যাখ্যা :

পূর্বে উল্লিখিত হইয়াছে যে, **আয়রন** ও **সালফার** উত্তপ্ত করিলে পরস্পরের সংযোগে **আয়রন সালফাইড** উৎপন্ন করে। ডাল্টনের মতবাদ অনুসারে, পরমাণুগুলির সংযোগের ফলে যৌগিক উৎপন্ন হয়। অতএব, আয়রন সালফাইড অবশ্যই আয়রন ও সালফার পরমাণুর সংযোগে উৎপন্ন হইবে। এখন পরমাণু অবিভাজ্য বলিয়া, পরমাণুর ভগ্নাংশ লইয়া সংযোগ সম্ভব নয়। অতএব, x সংখ্যক (x=পূর্ণ-সংখ্যা) আয়রন পরমাণু, y সংখ্যক (y=পূর্ণসংখ্যা) সালফার পরমাণুর সহিত যুক্ত হইবে। আবার প্রতিটি মৌলের পরমাণুর ওজন নির্দিষ্ট বলিয়া, পরমাণুবাদ সিদ্ধান্ত করে। অতএব প্রতিটি আয়রন পরমাণুর ওজন নির্দিষ্ট এবং সেই কারণেই x সংখ্যক আয়রন পরমাণুর সমগ্র ওজন, নির্দিষ্ট। সেইরূপ প্রতিটি সালফার পরমাণুর ওজন নির্দিষ্ট বলিয়া, y সংখ্যক সালফার পরমাণুর সমগ্র ওজনও নির্দিষ্ট। সুতরাং,—আয়রন সালফাইডের উৎপাদনকালে নির্দিষ্ট ওজন আয়রন ও নির্দিষ্ট ওজন সালফার অবশ্যই সংযুক্ত হইয়াছে। অনুরূপভাবে, জল বা HCl বা যে-কোনো যৌগিকে, একই ধারায় যুক্তি প্রয়োগ করিলে, সকলগুলিই যে নির্দিষ্ট পরিমাণ উপাদানে প্রস্তুত, তাহা প্রমাণিত হয়।

(৩) গুণানুপাত সূত্র ও পরমাণুবাদ দ্বারা ব্যাখ্যা ঃ

ধরা যাক—A ও B দুইটি মৌল সংযুক্ত হইয়া একাধিক যৌগিক উৎপন্ন করে এবং A মৌলের একটি পরমাণু, B মৌলের একটি পরমাণুর সহিত যুক্ত হইয়া—A ও B মৌলের সরলতম যৌগিকের একটি কণা উৎপন্ন করে। এই যৌগিক-কণাটির সংকেত অবশ্যই AB হইবে। এখন পরমাণু অবিভাজ্য ও পরমাণুগুলির পরস্পরের সহিত সম্মিলনকালে পূর্ণসংখ্যার অনুপাতে সংযুক্ত হয়—ইহা ডাল্টনের পরমাণুবাদের সিদ্ধান্ত। অতএব, A মৌলটির এক বা একাধিক পরমাণু, B মৌলটির এক বা একাধিক পরমাণুর সহিত যুক্ত হইতে পারে, অথবা B মৌলটির এক বা একাধিক পরমাণু, A মৌলটির এক বা একাধিক পরমাণুর সহিত যুক্ত হইতে পারে। ধরা যাক্ A ও B সহযোগে, দ্বিতীয় একটি সংযুক্ত যৌগিকের সংকেত AB_2, এবং তৃতীয় একটি সংযুক্ত যৌগিকের সংকেত A_3B_2 হইল। যদি A ও B মৌলের পারমাণবিক ভর যথাক্রমে x ও y ধরা যায়, তাহা হইলে—

(ক) AB যৌগিকের মধ্যে—

B মৌলের y ভাগ ওজন, A মৌলের x ভাগ ওজনের সহিত যুক্ত হইয়াছে ;

(খ) AB_2 যৌগিকের মধ্যে—

B মৌলের ২y ভাগ ওজন, A মৌলের x ভাগ ওজনের সহিত যুক্ত হইয়াছে ;

অথবা, B মৌলের y ভাগ ওজন A মৌলের $\frac{x}{২}$ ভাগ ওজনের সহিত যুক্ত হইয়াছে।

(গ) A_3B_2 যৌগিকের মধ্যে—

B মৌলের ২y ভাগ ওজন, A মৌলের ৩x ভাগ ওজনের সহিত যুক্ত হইয়াছে ;

অথবা, B মৌলের y ভাগ ওজন A মৌলের $\frac{৩}{২}x$ ভাগ ওজনের সহিত যুক্ত হইয়াছে।

সুতরাং, B মৌলের নিত্য ওজনের (এক্ষেত্রে y) সহিত যুক্ত—A মৌলের বিভিন্ন ওজনগুলির অনুপাত, যথাক্রমে—

$$x : \frac{x}{২} : \frac{৩x}{২} \text{ বা, } ১ : \frac{১}{২} : \frac{৩}{২} \text{ বা } ২ : ১ : ৩$$

একটি সরল অনুপাত। অতএব, দেখা যায় যে—পরমাণুবাদের অনুসিদ্ধান্তরূপেই গুণানুপাত-সূত্রের ব্যাখ্যা চলে।

(৪) মিথোনুপাত সূত্র ও পরমাণুবাদ দ্বারা ব্যাখ্যা ঃ

ধরা যাক্, A, B ও C তিনটির মৌলের পরমাণুভার যথাক্রমে—a, b ও c ; এবং A মৌলের ১টি পরমাণু, B মৌলের ১টি পরমাণুর সহিত যুক্ত হইয়া AB যৌগিকের

একটি অণু উৎপন্ন করে। অনুরূপভাবে—A মৌলের ১টি পরমাণু, C মৌলের ১টি পরমাণুর সহিত যুক্ত হইয়া AC যৌগিকের একটি অণু উৎপন্ন করে। অতএব ওজন-অনুপাতে A মৌলের a ভাগ, B মৌলের b ভাগ ও C মৌলের c ভাগের সহিত যুক্ত হয়। এখন B ও C মৌলের সংযোগের ক্ষেত্রে, যেহেতু পরমাণু অবিভাজ্য—অতএব হয় (১) B মৌলের ১টি পরমাণু, C মৌলের ১টি পরমাণুর সহিত যুক্ত হইবে, অথবা (২) B মৌলের x সংখ্যক পরমাণু, C মৌলের y সংখ্যক পরমাণুর সহিত যুক্ত হইয়া—BC যৌগিকের ১টি অণু উৎপন্ন করিবে। (x এবং y অবশ্যই পূর্ণসংখ্যা)।

যদি প্রথম সম্ভাবনাটি ঘটে,—অর্থাৎ B মৌলের ১টি পরমাণু, C মৌলের ১টি পরমাণুর সহিত যুক্ত হয়, তবে—ওজন অনুপাতে B মৌলের b ভাগ, C মৌলের c ভাগের সহিত যুক্ত হইবে ; অর্থাৎ, যে ওজনে B ও C পরস্পর যুক্ত হইতেছে—উহা A মৌলের একটি নির্দিষ্ট ওজনের (এক্ষেত্রে a) সহিত পৃথক ভাবে B ও C মৌলের সংযোগের ওজন অনুপাতেই ঘটিতেছে।

দ্বিতীয় সম্ভাবনার ক্ষেত্রে, যেহেতু x সংখ্যক B মৌলের পরমাণু—y সংখ্যক C মৌলের পরমাণুর সহিত যুক্ত হয়, অতএব ওজন অনুপাতে $b \times x$ ভাগ B মৌলটি, $c \times y$ ভাগ C মৌলটির সহিত যুক্ত হয়। কিন্তু $b \times x$ ওজন—b ওজনের গুণিতক মাত্র ; এবং, $c \times y$ ওজন C ওজনের গুণিতক মাত্র। অতএব, এক্ষেত্রে B ও C মৌল যে ওজনে পরস্পর সংযুক্ত হয়, উহা পৃথক ভাবে তাহাদের, একটি নির্দিষ্ট ওজনের A মৌলের সহিত সংযোগ-ওজনের গুণিতক হইয়াছে।

অতএব মিথোনুপাত সূত্রও ডাল্টনের পরমাণুবাদের অনুসিদ্ধান্তরূপে প্রমাণিত হয়।

অ্যাভোগাড্রো প্রকল্প
(Avogadro's Hypothesis)

অ্যাভোগাড্রো-প্রকল্পের উৎপত্তি :

ডাল্টনের পরমাণুবাদের প্রস্তাবনার অব্যবহিত পরেই,—গে-লুস্যাক্ (Gay Lussac) বহুসংখ্যক কার্যকরী পরীক্ষার ফলাফল হইতে গ্যাসানুপাত সূত্র আবিষ্কার করেন। এই সূত্র আবিষ্কারের কিছু পূর্বে—উক্ত বৈজ্ঞানিক, ইহাও আবিষ্কার করেন যে, একই প্রকার উষ্ণতা ও চাপের হ্রাসবৃদ্ধির ফলে সকল গ্যাসে একই প্রকার পরিবর্তন লক্ষিত হয়। গে-লুস্যাকের আবিষ্কৃত তথ্যগুলিকে, স্বতঃই ডাল্টনের পরমাণুবাদের সাহায্যে ব্যাখ্যা করার প্রচেষ্টা হয় এবং উক্ত তথ্যগুলিকে পরমাণুবাদের পরিপ্রেক্ষিতে ব্যাখ্যায় বলা হয়—

(১) গে-লুস্যাকের নিরীক্ষা অনুযায়ী, গ্যাসগুলির সংযোগ আয়তনের সরল অনুপাতে ঘটিত হয় ;

(২) ডাল্টনের পরমাণুবাদের প্রস্তাব অনুযায়ী, মৌলগুলির সংযোগ পরমাণু-সংখ্যার সরল অনুপাতে ঘটিত হয় ; অতএব—

সম-আয়তন বিক্রিয়ক গ্যাসগুলির মধ্যে, পরমাণু-সংখ্যার একটি সরল সম্বন্ধ থাকা উচিৎ। এই সরল সম্বন্ধকে, বার্জিলিয়স (Berzelius) নিম্নোক্তভাবে প্রস্তাব করেন—

"একই উষ্ণতা ও চাপের অবস্থায়, সম-আয়তন বিভিন্ন গ্যাসে সমসংখ্যক পরমাণু থাকে।"

(তৎকালীন ধারণায়, মৌলের ও যৌগিকের উভয়েরই ক্ষুদ্রতম কণাকে—পরমাণু বলা হইত। 'অণু'র সম্বন্ধে, সুস্পষ্ট ধারণা তখনো উপস্থাপিত হয় নাই।)

কিন্তু পরে দেখা গেল, পরমাণুবাদের সহিত সামঞ্জস্য রক্ষা করিয়া, বার্জিলিয়সের উপরোক্ত স্বতঃসিদ্ধ প্রস্তাবনা, গ্রহণযোগ্য নয়।

বার্জিলিয়স-প্রস্তাবনার ব্যর্থতা :

বার্জিলিয়সের প্রস্তাবনা অযৌক্তিক বলিয়া ব্যর্থ হইয়াছিল। নিম্নের উদাহরণগুলি হইতে এই ব্যর্থতার কারণ আরো বিশদভাবে অনুসরণ করা যাইবে—

(ক) জলীয়বাষ্প (Steam)

প্রকৃত পরীক্ষায় দেখা যায় যে,—

২ আয়তন হাইড্রোজেন, ১ আয়তন অক্সিজেনের সহিত যুক্ত হইয়া, ২ আয়তন ষ্টীম বা জলীয় বাষ্প উৎপন্ন করে।

ধরা যাক্—আয়তন প্রতি, যে-কোনো গ্যাসে n সংখ্যক পরমাণু আছে। অতএব, সকল গ্যাসেই—একই উষ্ণতা ও চাপ ঘটিত অবস্থায় একই n সংখ্যক পরমাণু থাকিবে ; (বার্জিলিয়সের প্রস্তাবনা অনুযায়ী)।

অতএব হাইড্রোজেনের $2n$ পরমাণু অক্সিজেনের n পরমাণুর সহিত যুক্ত হইয়া $2n$ পরমাণু ষ্টীম বা জলীয় বাষ্প উৎপন্ন করে।

বা, হাইড্রোজেনের ১টি পরমাণু, অক্সিজেনের ১টি পরমাণুর সহিত যুক্ত হইয়া—২টি ষ্টীম বা জলীয় বাষ্পের পরমাণু উৎপন্ন করে।

বা, হাইড্রোজেনের ১টি পরমাণু, অক্সিজেনের $\frac{1}{2}$টি পরমাণুর সহিত যুক্ত হইয়া—১টি ষ্টীম বা জলীয় বাষ্পের পরমাণু উৎপন্ন করে।

বা, ১টি ষ্টীমের পরমাণুতে—$\frac{1}{2}$ পরমাণু অক্সিজেন থাকে। অর্থাৎ, ১টি ষ্টীমের পরমাণু উৎপাদনকালে, অক্সিজেন পরমাণুর অর্ধাংশ ব্যবহৃত হইতেছে। অন্য কথায়, পরমাণুর বিভাজন ঘটিতেছে ; যাহা ঘটিলে, ডাল্টনের পরমাণুবাদের সিদ্ধান্তের বিরুদ্ধে সিদ্ধান্ত করিতে হয়। এজন্যই বার্জিলিয়সের প্রস্তাবনা—ব্যর্থ হয়।

(খ) হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড গ্যাস (HCl gas)

প্রকৃত পরীক্ষার ফলে দেখা যায় যে—

১ আয়তন ক্লোরিন, ১ আয়তন হাইড্রোজেনের সহিত সংযুক্ত হইয়া, ২ আয়তন হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড গ্যাস উৎপন্ন করে।

ধরা যাক্—২ আয়তন হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড গ্যাসের মধ্যে, x সংখ্যক পরমাণু আছে; অতএব বার্জিলিয়স-প্রস্তাবনা অনুযায়ী—

১ আয়তন হাইড্রোজেনের মধ্যে, $\frac{x}{২}$ সংখ্যক হাইড্রোজেনের পরমাণু থাকিবে

এবং ১ আয়তন ক্লোরিনের মধ্যে $\frac{x}{২}$ সংখ্যক ক্লোরিনের পরমাণু থাকিবে।

$\therefore$ $\frac{x}{২}$ সংখ্যক হাইড্রোজেনের পরমাণু $\frac{x}{২}$ সংখ্যক ক্লোরিন পরমাণুর সহিত যুক্ত হইয়া, x সংখ্যক হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড গ্যাসের পরমাণু উৎপন্ন করিবে।

বা, হাইড্রোজেনের $\frac{১}{২}$ পরমাণু, ক্লোরিনের $\frac{১}{২}$ পরমাণুর সহিত যুক্ত হইয়া হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড গ্যাসের ১টি পরমাণু উৎপন্ন করিবে।

কিন্তু ডাল্টনের পরমাণুবাদের সিদ্ধান্ত অনুযায়ী—পরমাণুর বিভাজন সম্ভব নয়। **অতএব, বার্জিলিয়স-প্রস্তাবনা ব্যর্থ।**

বার্জিলিয়স-প্রস্তাবনার ব্যর্থতার কারণ :

অ্যাভোগাড্রো (Avogadro) বার্জিলিয়স-প্রস্তাবনার ব্যর্থতার কারণ নির্দেশে, প্রস্তাব করেন যে—গ্যাসের ক্ষুদ্রতম কণা ও পরমাণুর মধ্যে পার্থক্য আছে, ইহা স্বীকার করিলে সমস্যার সমাধান সম্ভব। তিনি তাঁহার প্রস্তাবকে দুইটি ধারায় উপস্থাপিত করেন—

(১) পদার্থের (যেমন হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড গ্যাস বা হাইড্রোজেন) স্বাধীন অস্তিত্বযুক্ত যে ক্ষুদ্রতম কণাগুলি—উহারা **অণু** (molecules)।

(২) রাসায়নিক বিক্রিয়াকালে পদার্থের যে ক্ষুদ্রতম কণা বিক্রিয়ায় অংশ গ্রহণ করে, বা রাসায়নিক বিক্রিয়াকালে পদার্থের যে ক্ষুদ্রতম কণা এক পদার্থ হইতে অপর পদার্থে পুনর্বিন্যস্ত হয় (যেমন হাইড্রোজেন ও ক্লোরিন হইতে হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডে)—উহারা **পরমাণু** (atoms)।

উপরোক্ত প্রস্তাবিত দুই প্রকার কণার কল্পনা করিয়া অ্যাভোগাড্রো, বার্জিলিয়স-প্রস্তাবনাকে সংশোধন করেন, ও নিম্নলিখিত প্রস্তাবনা উপস্থাপিত করেন; অ্যাভোগাড্রোর এই প্রস্তাবনাই, কালে **'অ্যাভোগাড্রো-প্রকল্প'** (**Avogadro's Hypothesis**) নামে বিখ্যাত হইয়াছে।

অ্যাভোগাড্রো-প্রকল্প (Avogadro's Hypothesis)

একই উষ্ণতা ও চাপের অবস্থায়-সম আয়তন সকল গ্যাসেরই (মৌল বা যৌগিক) মধ্যে সমসংখ্যক অণু থাকে।

অর্থাৎ, কোনো নির্দিষ্ট উষ্ণতা ও চাপে, একটি পাত্রকে ক্রমান্বয়ে বিভিন্ন গ্যাস (মৌল বা যৌগিক গ্যাস) দ্বারা পূর্ণ করিলে, পাত্রটিতে গ্যাসনির্বিশেষে, সকল ক্ষেত্রেই, একই সংখ্যক অণু থাকিবে।

কোনো গ্যাসের 'আণবিক ভর'কে (molecular weight) গ্রামে প্রকাশ করিলে—'গ্রাম-আণবিক ভর' (gram-molecular weight) পাওয়া যায়। অ্যাভোগাড্রো-প্রকল্প হইতে প্রমাণ করা যায় যে—সকল গ্যাসেরই গ্রাম-আণবিক ভরের মধ্যে সমসংখ্যক অণু থাকে। এই সমসংখ্যক অণুর নিত্য-সংখ্যাকে **—অ্যাভোগাড্রোর নিত্য-সংখ্যা** বা **অ্যাভোগাড্রো-কনস্টাণ্ট** (Avogadro's constant) বা সংক্ষেপে **অ্যাভোগাড্রো-নাম্বার** বা **অ্যাভোগাড্রো-সংখ্যাও** (Avogadro's number) বলা হয়। এই সংখ্যার মান—৬.০৬×১০^{২৩}।

অ্যাভোগাড্রো-প্রকল্পের দ্বারা গ্যাসায়তন সূত্রের ব্যাখ্যা :—

ডাল্টনের পরমাণুবাদের সিদ্ধান্ত, ও উহা হইতে বার্জিলিয়সের অনুসিদ্ধান্ত—কোনোটিরই দ্বারা গ্যাসায়তন সূত্রের সুসংগত ব্যাখ্যা সম্ভব হয় নাই। অ্যাভোগাড্রো-প্রকল্পের সাহায্যে গ্যাসায়তন সূত্রের সংগত ব্যাখ্যা সম্ভব হয়।

হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড গ্যাস উৎপাদনের ক্ষেত্রে, অ্যাভোগাড্রো-প্রকল্পের সাহায্যে নিম্নলিখিত ব্যাখ্যা করা যায়।

প্রকৃত পরীক্ষায় দেখা যায় যে—একই উষ্ণতা ও চাপের অবস্থায়, ১ আয়তন হাইড্রোজেন, ১ আয়তন ক্লোরিনের সহিত সংযুক্ত হইয়া—২ আয়তন হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড গ্যাস উৎপাদন করে।

ধরা যাক—১ আয়তন হাইড্রোজেনের মধ্যে n সংখ্যক অণু আছে।

∴ n সংখ্যক হাইড্রোজেন অণু, n সংখ্যক ক্লোরিন অণুর সহিত যুক্ত হইয়া—২n সংখ্যক HCl গ্যাসের অণু উৎপাদন করে; (অ্যাভোগাড্রো-প্রকল্পের প্রয়োগ করিয়া)।

বা, হাইড্রোজেনের ১টি অণু, ক্লোরিনের একটি অণুর সহিত যুক্ত হইয়া—HCl গ্যাসের ২টি অণু উৎপন্ন করে।

এখন ধরা যাক—হাইড্রোজেনের ১টি অণু, বা ক্লোরিনের ১টি অণুতে ২টি করিয়া পরমাণু থাকে।

∴ হাইড্রোজেনের ২টি পরমাণু ক্লোরিনের ২টি পরমাণুর সহিত যুক্ত হইয়া, হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড গ্যাসের ২টি অণু উৎপন্ন করে।

বা, হাইড্রোজেনের ১টি পরমাণু, ক্লোরিনের ১টি পরমাণুর সহিত যুক্ত হইয়া হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড গ্যাসের ১টি অণু উৎপন্ন করে।

এই যুক্তিধারায়—**অণু বিভাজ্য** এই সিদ্ধান্ত মাত্র প্রয়োগ করা হইয়াছে। পরমাণু বিভাজ্য বলিয়া কোথাও সিদ্ধান্ত হয় নাই। অতএব যুক্তিধারা ডাল্টনের পরমাণু-বাদের বিরোধ নহে।

অ্যাভোগাড্রো-প্রকল্প ও ডাল্টনের পরমাণুবাদের সংশোধিত রূপ

অ্যাভোগাড্রো প্রকল্পের সহিত সামঞ্জস্য রক্ষা করিয়া ডাল্টনের পরমাণুবাদকে নিম্নোক্ত সংশোধিত-রূপে প্রকাশ করা যায়—

(১) পদার্থমাত্রই (মৌল বা যৌগিক) অণুসমষ্টি; অর্থাৎ স্বাধীন অস্তিত্বসম্পন্ন বস্তুকণার সমষ্টি। অণুগুলি অবিভাজ্য পরমাণুর সমষ্টি।

(২) একটি নির্দিষ্ট বস্তুর সকল অণুই সমধর্মী ও সমভরবিশিষ্ট, কিন্তু একটি বস্তুর অণু, অপর একটি বস্তুর অণু হইতে সম্পূর্ণ ভিন্নধর্মী।

(৩) একটি মৌলের অণুর অন্তর্গত সকল পরমাণুগুলিই **অভিন্ন** কিন্তু যৌগিকের অণুর অন্তর্গত সকল পরমাণুগুলি **অভিন্ন নয়**।

(৪) দুই বা ততোধিক বস্তুর মধ্যে রাসায়নিক বিক্রিয়ার কালে, সর্বপ্রথম প্রতিটি বস্তুর অণু—পরমাণুরূপে বিশ্লিষ্ট হয়; পরে ঐ পরমাণুগুলি নির্দিষ্ট অনুপাতে পরস্পরের সহিত সংযুক্ত হইয়া—উৎপন্ন নূতন বস্তু বা বস্তুসমূহের, নূতন অণু উৎপাদন করে।

অ্যাভোগাড্রো প্রকল্পের গুণবিচার, গুরুত্ব ও উপযোগিতা: রসায়নে অ্যাভোগাড্রো-প্রকল্পের অবদান:

পরমাণু ও অণুর ধারণা রসায়নের মূল ভিত্তি। এই দুইটি ধারণার প্রথম স্রষ্টারূপে, রসায়নে ডাল্টন ও অ্যাভোগাড্রোর নাম চিরস্মরণীয়। ডাল্টনের অমর প্রতিভার স্বাক্ষর যেরূপ পরমাণুবাদ, অ্যাভোগাড্রো-প্রতিভার সেইরূপ অবিস্মরণীয় অবদান—অ্যাভোগাড্রো-প্রকল্প। পরীক্ষালব্ধ ফলাফলকে, তত্ত্ব দ্বারা যে সামঞ্জস্য করিতে ডাল্টন, বার্জিলিয়স বা গে-লুস্যাক প্রভৃতি প্রখ্যাত বিজ্ঞানীরা বিফল হন—অ্যাভোগাড্রো তাঁহার প্রকল্পের প্রস্তাবনার দ্বারা কেবলমাত্র সেই ব্যাখ্যায় যে সফল হন তাহাই নয়, তাহা ছাড়াও, এই প্রস্তাবনার ফলেই পরমাণুবাদের ত্রুটিগুলি সংশোধিত হইয়াছিল এবং তাত্ত্বিক রসায়নে নূতন বহু পথের ইংগিতও সূচনা করিয়াছিল। উদাহরণ স্বরূপ বলা যায়, অ্যাভোগাড্রোর নির্ভুল ধারণার ফলেই মৌলের 'পারমাণবিক ভার' ও যৌগিকের 'আণবিক ভার' সঠিকরূপে নির্ধারণ করা সম্ভব হয়, ও ইহার অনুসারে মৌল ও যৌগিকের সঠিক সংকেত নিরূপণ, গ্যাসের আয়তন ও অণু-সংখ্যার যথার্থ সম্বন্ধ, এবং অণুগুলির প্রকৃত পারমাণবিক সংযুতি ইত্যাদি বহু মূল্যবান তথ্য নির্ধারণ করা সম্ভব হয়।

অবশ্য, অ্যাভোগাড্রোর মূল-প্রস্তাবনার সত্যতাকে পরীক্ষার দ্বারা প্রমাণ করা সম্ভব হয় নাই ; তবুও এই প্রস্তাবনাকে সত্য বলিয়া গ্রহণ করিলে উহার যে অনুসিদ্ধান্তগুলি আসে, সেগুলি **সকল ক্ষেত্রেই** সত্য বলিয়া প্রমাণিত হইয়াছে এবং কোনো ক্ষেত্রেই অ্যাভোগাড্রো-প্রস্তাবনার বিরুদ্ধে কোনো তথ্য পাওয়া যায় নাই। সেই কারণেই, পরোক্ষভাবে অ্যাভোগাড্রো-প্রস্তাবনা স্বীকৃত, এবং প্রকৃতপক্ষে এই নির্ভুল প্রস্তাবনাই রসায়নের পরবর্তী উন্নতিকে দ্রুততর করিয়াছিল।

অ্যাভোগাড্রো-প্রকল্পের ফলেই—

(১) রসায়নে সর্বপ্রথম 'অণু'র ধারণার উৎপত্তি হয় এবং অণু ও পরমাণুর পার্থক্যের উপলব্ধি হয় ;

(২) গে-লুস্যাকের গ্যাসায়তন-সূত্রের সুসংগত ব্যাখ্যা সম্ভব হয় ;

(৩) আয়তনিক বিশ্লেষণের সাহায্যে গ্যাসের 'আণবিক সংকেত' (molecular formula) নিরূপণ সম্ভব হয় ;

(৪) মৌলগুলির 'পারমাণবিক ভার' নির্ধারণের প্রণালী উদ্ভাবিত হয়, এবং নিম্নলিখিত গুরুত্বপূর্ণ অনুসিদ্ধান্তগুলির প্রবর্তন হয়।

অ্যাভোগাড্রো-প্রকল্পের অনুসিদ্ধান্তঃ

(১) মৌল গ্যাসগুলির (যেমন হাইড্রোজেন, ফ্লোরিন, অক্সিজেন, নাইট্রোজেন ক্লোরিন ইত্যাদি) অণুগুলি—দ্বিপরমাণুক (Diatomic)

(২) যে কোনো গ্যাসের আণবিক ভার উহার গুরুত্বের দ্বিগুণ।

(৩) একই উষ্ণতা ও চাপের অবস্থায়, সকল গ্যাসেরই গ্রাম-আণবিক আয়তন (gram molecular volume) এক ; এবং প্রমাণ-উষ্ণতা ও চাপে, সকল গ্যাসেরই গ্রাম-আণবিক আয়তন—২২.৪ লিটার।

অ্যাভোগাড্রো-প্রকল্প হইতে অনুসিদ্ধান্তগুলির প্রবর্তন :

১। (ক)—হাইড্রোজেন বা ক্লোরিনের অণু—দ্বিপরমাণুক ঃ (বা, হাইড্রোজেন ও ক্লোরিনের আণবিক সংকেত নিরূপণ) ঃ

প্রকৃত পরীক্ষায় দেখা যায় যে—

১ আয়তন হাইড্রোজেন, ১ আয়তন ক্লোরিনের সহিত যুক্ত হইয়া, ২ আয়তন হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড গ্যাস উৎপন্ন করে।

ধরা যাক্—১ আয়তন হাইড্রোজেন বা ১ আয়তন ক্লোরিনে n সংখ্যক অণু আছে।

∴ হাইড্রোজেনের 'n' অণু, ক্লোরিনের 'n' অণুর সহিত যুক্ত হইয়া—হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড গ্যাসের ২n অণু উৎপন্ন করে।

বা, হাইড্রোজেনের ১টি অণু, ক্লোরিনের ১টি অণুর সহিত যুক্ত হইয়া—হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড গ্যাসের ১টি অণু উৎপন্ন করে।

এখন, যেহেতু—হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড গ্যাস, হাইড্রোজেন ও ক্লোরিনের সমন্বয় মাত্র, অতএব হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড গ্যাসের প্রতিটি অণুতে, উভয়ের **অন্ততঃ ১টি** করিয়া পরমাণু অবশ্যই থাকিবে। অতএব, ২টি হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড গ্যাসের অণুতে, **অন্ততঃ ২টি** হাইড্রোজেনের পরমাণু ও ২টি ক্লোরিনের পরমাণু থাকিবে। এই ২টি হাইড্রোজেন পরমাণুর উৎস নিশ্চয়ই, পূর্বোক্ত হাইড্রোজেনের ১টি অণু; এবং ২টি ক্লোরিন পরমাণুর উৎসও অবশ্যই পূর্বোক্ত ১টি ক্লোরিন অণু। অতএব, হাইড্রোজেন বা ক্লোরিন অণু, **অন্ততঃ ২টি পরমাণুর** সমষ্টি।

আবার দেখা যায় যে, হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড গ্যাসের হাইড্রোজেন অংশ, ধাতু দ্বারা (যেমন সোডিয়াম) প্রতিস্থাপন করিতে গেলে—**একবার মাত্র** প্রতিস্থাপন সম্ভব এবং মাত্র শমিত লবণই (normal salt) সৃষ্টি হয়; H_2SO_4, H_2CO_3, H_3PO_4 প্রভৃতি অ্যাসিডের H-অংশে কিন্তু একাধিকবার প্রতিস্থাপন ঘটে এবং অর্ধ-শমিত লবণও পাওয়া যায়; HClএর বেলায়, কোনো ক্ষেত্রেই ঐরূপ একাধিকবার প্রতিস্থাপন ঘটে না বলিয়া, অবশ্যই সিদ্ধান্ত করিতে হয় যে HClএর অণুতে, ১টি মাত্র হাইড্রোজেনের পরমাণু আছে। ক্লোরিনের ক্ষেত্রেও ঐরূপ একই সিদ্ধান্তে উপনীত হইতে হয়। অতএব, পূর্বোক্ত যুক্তি অনুসারে সিদ্ধান্ত করিতে হয় যে,—হাইড্রোজেন এবং ক্লোরিন অণু **২টি, এবং ২টি মাত্রই** পরমাণুর সমষ্টি, বা হাইড্রোজেন ও ক্লোরিনের অণু—দ্বিপরমাণুক।

[হাইড্রোজেনের অণু যে দ্বিপরমাণুক, এই সিদ্ধান্তের স্বপক্ষে আরো উল্লেখ করা যায় যে—(১) অন্য গ্যাসের সহিত বিক্রিয়া-কালে, ১ আয়তন হাইড্রোজেন কখনোই ২ আয়তনের অধিক অন্য গ্যাস উৎপন্ন করে না; (২) কোনো রাসায়নিক বিক্রিয়াতেই হাইড্রোজেন অণুর, দুইটির অধিক অংশে বিভাজনের প্রমাণ পাওয়া যায় নাই; এবং (৩) অন্যান্য দ্বি-পরমাণুক গ্যাসের ন্যায়, হাইড্রোজেনের **আপেক্ষিক তাপের অনুপাত** (Ratio of specific heat (i.e. C_p/C_v) = ১·৪০৮]

(খ) অক্সিজেনের অণু—দ্বিপরমাণুক (অক্সিজেনের আণবিক সংকেত) ঃ

পরীক্ষার ফলে জানা যায় যে,—

২ আয়তন হাইড্রোজেন, ১ আয়তন অক্সিজেনের সহিত যুক্ত হইয়া—২ আয়তন স্টীম উৎপন্ন করে।

অ্যাভোগাড্রো-প্রকল্পের প্রয়োগ করিলে, পূর্বোক্ত উদাহরণের ন্যায় প্রমাণ করা যায় যে, অক্সিজেনের অণু অন্ততঃ **২টি পরমাণুর** সমষ্টি। এখন যেহেতু স্টীমের অণু হইতে অক্সিজেনকে, ক্লোরিন দ্বারা **একবার মাত্রই প্রতিস্থাপন** করা চলে, অতএব নিশ্চিত সিদ্ধান্ত করা যায় যে, স্টীমের একটি অণুর মধ্যে **১টি মাত্র** অক্সিজেন-পরমাণু আছে।

অতএব অক্সিজেনের অণু দ্বিপরমাণুক, এবং ইহার আণবিক সংকেত O_2।

অনুরূপভাবে, প্রমাণ করা চলে যে, যে-কোনো মৌল গ্যাসবর্গের ক্ষেত্রেই, যথা নাইট্রোজেন, ক্লোরিন ইত্যাদি (ওজোন ও নিষ্ক্রিয় গ্যাসবর্গ ব্যতীত), অণুগুলি দ্বিপরমাণুক।

২। গ্যাসের আণবিক ভর, গুরুত্বের (হাইড্রোজেনের আপেক্ষিকে) দ্বিগুণ

একই উষ্ণতা ও চাপে, একই আয়তন গ্যাসের ও হাইড্রোজেনের ওজনের অনুপাতকে, গ্যাসটির গুরুত্ব বলা হয়।

গ্যাসের গুরুত্বকে D ধরিলে, সংজ্ঞানুযায়ী—

$$D = \frac{x \text{ আয়তন গ্যাসের ওজন}}{x \text{ আয়তন হাইড্রোজেনের ওজন}} \quad (\text{একই উষ্ণতা ও চাপের অবস্থায়})$$

ধরা যাক্ x আয়তন গ্যাসে 'n' সংখ্যক অণু আছে। অতএব, অ্যাভোগাড্রো প্রকল্প অনুযায়ী—

$$D = \frac{\text{গ্যাসের } n \text{ সংখ্যক অণুর ওজন}}{\text{হাইড্রোজেনের } n \text{ সংখ্যক অণুর ওজন}}$$

$$= \frac{n \times \text{গ্যাসের ১টি অণুর ওজন}}{n \times \text{হাইড্রোজেনের ১টি অণুর ওজন}}$$

$$= \frac{\text{গ্যাসের ১টি অণুর ওজন}}{\text{হাইড্রোজেনের ১টি অণুর ওজন}}$$

$$= \frac{\text{গ্যাসের ১টি অণুর ওজন}}{\text{হাইড্রোজেনের ২টি পরমাণুর ওজন}} \quad (\because \text{হাইড্রোজেন অণু—দ্বিপরমাণুক})$$

$$= \frac{\text{গ্যাসের ১টি অণুর ওজন}}{\text{২} \times \text{হাইড্রোজেনের ১টি পরমাণুর ওজন}}$$

$$\text{বা, } ২ \times D = \frac{\text{গ্যাসের ১টি অণুর ওজন}}{\text{হাইড্রোজেনের ১টি পরমাণুর ওজন}}$$

$$= \text{গ্যাসের আণবিক ভর} \quad (\because \text{হাইড্রোজেনের পরমাণবিক ভার} = ১)$$

দ্রষ্টব্য :—অর্থাৎ পূর্বোক্ত অনুসিদ্ধান্ত অনুযায়ী, কোনো গ্যাসের আণবিক ভর নির্ধারণ করিতে হইলে প্রথমে প্রকৃত পরীক্ষা দ্বারা উহার গুরুত্ব নির্ধারণ করা হয়, পরে ঐ গুরুত্বকে ২ দিয়া গুণ করিলে আণবিক ভর পাওয়া যায়।

পূর্বোক্ত অনুসিদ্ধান্তটি হইতে আর একটি গুরুত্বপূর্ণ সিদ্ধান্তও করা যায়—

D = প্রমাণ উষ্ণতা ও চাপে কোনো গ্যাসের নির্দিষ্ট আয়তনের ওজন / " " " সম-আয়তন হাইড্রোজেনের ওজন

= প্রমাণ উষ্ণতা ও চাপে ১ লিটার গ্যাসের ওজন / " " " ১ লিটার হাইড্রোজেনের ওজন

= প্রমাণ উষ্ণতা ও চাপে ১ লিটার গ্যাসের ওজন / '০৮৯৮৬ গ্রাম

প্রমাণ উষ্ণতা ও চাপে ১ লিটার গ্যাসের ওজন
= ইহার গুরুত্ব × '০৮৯৮৬ গ্রাম
= ইহার গুরুত্ব × '০৯ গ্রাম (আসন্ন মান)

৩। অনুরূপ উষ্ণতা ও চাপে সকল গ্যাসেরই গ্রাম-আণবিক আয়তন একই হয় এবং প্রমাণ উষ্ণতা ও চাপে—ঐ আয়তন ২২'৪ লিটার হয়।

কোনো গ্যাসের আণবিক ভারকে গ্রামে প্রকাশ করিলে যে ওজন হয়, ঐ ওজনকে **গ্রাম-আণবিক ভার** (gm. mol. wt.) এবং ঐ পরিমাণ গ্যাসের আয়তনকে **গ্রাম-আণবিক আয়তন** (gm. mol. volume) বলা হয়। অর্থাৎ, ২ গ্রাম হাইড্রোজেন, ৩২ গ্রাম অক্সিজেন, ১৭ গ্রাম অ্যামোনিয়া, ৪৪ গ্রাম CO_2, ৬৪ গ্রাম SO_2 প্রভৃতির আয়তনকে যথাক্রমে, উহাদের গ্রাম-আণবিক আয়তন বলা হয়।

(ক) প্রকৃত পরীক্ষায় দেখা যায় যে, প্রমাণ-উষ্ণতা ও চাপে—১ লিটার হাইড্রোজেনের ওজন = '০৮৯ গ্রাম।

বা '০৮৯ গ্রাম হাইড্রোজেন, প্রমাণ-উষ্ণতায় ও চাপে ১ লিটার আয়তন অধিকার করে।

বা ১ " " " " " ১/'০৮৯ " "

বা ২ " " " " " ২/'০৮৯ " "

= ২২'৪ " "

কিন্তু হাইড্রোজেনের গ্রাম-আণবিক ভার = ২ গ্রাম। **অতএব, প্রমাণ-উষ্ণতা ও চাপে, হাইড্রোজেনের গ্রাম-আণবিক আয়তন = ২২'৪ লিটার।**

(খ) আবার প্রমাণ-উষ্ণতা ও চাপে, ১ লিটার অক্সিজেনের ওজন = ১ × ·০৮৯ গ্রাম।

বা, „ „ „ ১৬ × ·০৮৯ গ্রাম অক্সিজেন, ১ লিটার আয়তন অধিকার করে।

বা, ১ গ্রাম অক্সিজেন, $\frac{১}{১৬ \times ·০৮৯}$ লিটার আয়তন অধিকার করে।

বা, ৩২ „ „ $\frac{৩২}{১৬ \times ·০৮৯}$ „ „ „ „

= ২২·৪ „ „ „ „

কিন্তু অক্সিজেনের গ্রাম-আণবিক ভার = ৩২। **অতএব প্রমাণ-উষ্ণতা ও চাপে অক্সিজেনের গ্রাম-আণবিক আয়তন = ২২·৪ লিটার।**

এইরূপে, যে-কোন গ্যাসের উদাহরণ লইয়া প্রমাণ করা যায় যে,—প্রমাণ-উষ্ণতা ও চাপে সকল গ্যাসেরই গ্রাম-আণবিক আয়তন ২২·৪ লিটার হয়।

এই প্রমাণকে অন্যভাবেও উপস্থাপন করা চলে—

বিকল্প-প্রণালী

পূর্বে প্রমাণ করা হইয়াছে—

১ লিটার গ্যাসের ওজন = গ্যাসটির গুরুত্ব × ·০৮৯ গ্রাম

$= \frac{M}{২} \times ·০৮৯$ (M = আণবিক ভার এবং M = ২D ; অনুসিদ্ধান্ত—২)

∴ $\frac{M}{২} \times ·০৮৯$ গ্রাম গ্যাস, ১ লিটার আয়তন অধিকার করে ;

বা, M গ্রাম গ্যাস = $\frac{২}{·০৮৯}$ „ „ „ „ ;

= ২২·৪ „ „ „ „ ;

অতএব গ্যাসের গ্রাম-আণবিক আয়তন = ২২·৪ লিটার।

৪। আয়তনিক সংযুতি হইতে আণবিক সংকেত নির্ধারণ :

একটি গ্যাসের আয়তনিক সংযুতি ও গুরুত্ব হইতে, অ্যাভোগাড্রো-প্রকল্পের প্রয়োগ দ্বারা গ্যাসটির আণবিক সংকেত নিরূপণ করা সম্ভব।

উদাহরণ-স্বরূপ—নাইট্রাস অক্সাইডের কথা ধরা যাক্।

প্রকৃত পরীক্ষায় দেখা যায় যে—নাইট্রাস অক্সাইডের মধ্যে সম-আয়তন নাইট্রোজেন আছে।

∴ ১ আয়তন নাইট্রাস অক্সাইডে—১ আয়তন নাইট্রোজেন থাকে।

ধরা যাক্—১ আয়তন নাইট্রাস অক্সাইডে—n সংখ্যক অণু আছে।

∴ নাইট্রাস অক্সাইডের n অণুর মধ্যে—নাইট্রোজেনের n অণু থাকে।

বা, „ „ ১টি „ „ — „ ১টি „ „

কিন্তু মৌল গ্যাস নাইট্রোজেনের অণু—দ্বিপরমাণুক (অ্যাভোগাড্রো-প্রকল্পের অনুসিদ্ধান্ত)

∴ নাইট্রাস অক্সাইডের ১টি অণুর মধ্যে—নাইট্রোজেনের ২টি পরমাণু থাকে।

অক্সিজেনের পরমাণু-সংখ্যাকে x ধরিয়া,—ধরা যাক্ নাইট্রাস অক্সাইডের আণবিক-সংকেত$=N_2Ox$; এখন, xএর মান নির্ধারণ করিতে হইবে।

হাইড্রোজেনের গুরুত্ব$=$১ ধরিলে, ইহার আপেক্ষিকে নাইট্রাস অক্সাইডের গুরুত্ব$=$২২।

∴ নাইট্রাস অক্সাইডের আণবিক ভার$=২\times২২=৪৪$

(অ্যাভোগাড্রো-প্রকল্পের অনুসিদ্ধান্ত)

অর্থাৎ, N_2Oxএর মধ্যে—N ও Oএর সম্মিলিত পরমাণুর ভার$=৪৪$।

এখন নাইট্রোজেনের পারমাণবিক ভার$=১৪$; এবং অক্সিজেনের পারমাণবিক ভার$=১৬$।

$$\text{অর্থাৎ,}\quad ২\times১৪+১৬x=৪৪$$

$$\text{বা}\ x=১$$

অতএব, নাইট্রাস অক্সাইডের আণবিক সংকেত$=N_2O$।

৫। যৌগসমূহের পারমাণবিক ভার নিরূপণ:

পঞ্চম অধ্যায় দ্রষ্টব্য।

চতুর্থ অধ্যায়—সংযোজন

ডাল্টনের পরমাণুবাদ ও আধুনিক পরমাণুবাদ:

সাম্প্রতিক গবেষণার ফলে, পরমাণু সম্বন্ধীয় ধারণার প্রভূত পরিবর্তন হইয়াছে এবং অবশ্যম্ভাবীরূপে ডাল্টনের পরমাণুবাদের ও পরমাণুর অবিভাজ্যতা সংক্রান্ত ধারণারও পরিবর্তন ঘটিয়াছে। বর্তমানে প্রমাণিত হইয়াছে যে, পরমাণুর সহিত তড়িতের ঘনিষ্ঠ অঙ্গাঙ্গী সম্বন্ধ আছে এবং পরমাণু ক্ষুদ্রতর তড়িৎযুক্ত অংশে বিভাজ্য। অবশ্য এই পরীক্ষালব্ধ সিদ্ধান্ত, ডাল্টনের প্রধান ধারণাকে আমূল পরিবর্তন করে নাই—কারণ রাসায়নিক বিক্রিয়াকালে এখনও পরমাণু অবিভাজ্য

বলিয়াই বিবেচিত হয় এবং কার্যক্ষেত্রে রাসায়নিকেরা পরমাণুর অবিভাজ্যতা সম্বন্ধেই ধারণা গ্রহণ করিয়া থাকেন। সাম্প্রতিক পরমাণু-ঘটিত গবেষণা ও পরমাণু হইতে ক্ষুদ্রতর ইলেকট্রন (electron), প্রোটন (proton), ও নিউট্রন (neutron) ইত্যাদির আবিষ্কারে, এবং আইসোটোপ (Isotope) বা 'যমজ'-ঘটিত আবিষ্কারের ফলে, ইহাও প্রমাণিত হইয়াছে যে,—মৌলের পারমাণবিক ভার, বস্তুতঃ বিভিন্ন যমজের বিভিন্ন পারমাণবিক ভারের গড় মাত্র।

'আইসোটোপ' বা যমজ বলিতে, একই মৌলের বিভিন্নপ্রকার পরমাণু বুঝায়; এই বিভিন্ন পরমাণুগুলি—রাসায়নিক প্রকৃতিতে এক, এবং 'পর্যায় সারণী'তে (Periodic table) একই স্থান অধিকার করে—কিন্তু উহাদের পারমাণবিক ভার বিভিন্ন।

মৌলের স্বরূপ ও মৌলিকত্ব :

ডাল্টনের পরমাণুবাদের উপস্থাপনার পর হইতে এই ধারণাই প্রচলিত ছিল যে, একই মৌলের সকল পরমাণুই—এক জাতীয়, এবং একই মৌলের পরমাণুগুলির রাসায়নিক ও ভৌত ধর্ম অভিন্ন। যেমন, ক্লোরিনের একটি পরমাণু, আরেকটি পরমাণুর সহিত অবিকল একই ধর্ম সম্পন্ন হয় এবং সে কারণেই ক্লোরিনের পারমাণবিক ভারের মান নিত্য—৩৫·৪৬। কিন্তু সডি (Sody) পরীক্ষার দ্বারা প্রমাণ করেন যে —তেজস্ক্রিয় (radioactive) মৌলের ক্ষেত্রে ইহা সত্য নয়, এবং তেজস্ক্রিয় মৌলের মধ্যে—একই ধর্ম কিন্তু বিভিন্ন পারমাণবিক-ভারসম্পন্ন পরমাণু থাকে। তিনিই এইরূপ বিভিন্ন পরমাণুর জন্য—**'আইসোটোপ'** বা **যমজ** নামটি প্রস্তাব করেন। সডির মতে যমজের মিশ্র হইতে উহাদের পৃথকীকরণ, কোনো রাসায়নিক প্রক্রিয়ায় সম্ভব নয়। **অ্যাস্টন** (Aston) এইরূপ বিভিন্ন পরমাণুর পারমাণবিক ভার তুলনা করার জন্য একটি প্রণালী উদ্ভাবন করেন এবং আবিষ্কার করেন যে, একই মৌলের সকল পরমাণুর ভার এক নয় এবং প্রকৃতপক্ষে পারমাণবিক ভাররূপে যে মান নির্ধারণ করা হইয়া থাকে—উহা আসলে, মৌলটির বিভিন্ন পরমাণুর ভারের গড় মান (average value)। কেবলমাত্র তেজস্ক্রিয় মৌল নহে, অধিকাংশ মৌলের ক্ষেত্রেই ইহা সত্য। উদাহরণ-স্বরূপ,—অ্যাস্টন আবিষ্কার করেন যে, ক্লোরিন মৌলের ক্ষেত্রে দুই প্রকার পরমাণু আছে; এক প্রকার পরমাণুর ওজন—৩৫, অপর প্রকার পরমাণুর ওজন—৩৭। এই দুইপ্রকার পরমাণু ৩ : ১ অনুপাতে সাধারণ ক্লোরিনে বর্তমান থাকে; ফলে ক্লোরিনের গড় পারমাণবিক ভার—৩৫·৪৬।

"একই মৌলের বিভিন্ন প্রকার পরমাণু, যাহারা পর্যায় সারণীতে একই স্থান অধিকার করে এবং যাহাদের পারমাণবিক ভার বিভিন্ন, কিন্তু রাসায়নিক ও অন্যান্য ভৌতধর্ম অভিন্ন, তাহাদের 'যমজ' বা আইসোটোপ (Isos = same; topes = place) বলা হয়।"

হাইড্রোজেন মৌলের ৩টি, অক্সিজেনের—৩টি, কার্বনের—২টি, সালফারের—৩টি, লেডের—৮টি, টিনের—১১টি ইত্যাদি যমজ আছে।

ডাল্টনের পরমাণুবাদের সীমাবদ্ধতা ও অন্যান্য ত্রুটি :

(১) যদিও ইহা ওজন অনুপাতে রাসায়নিক সংযোগসূত্রগুলি ব্যাখ্যা করে, তথাপি—গে লুস্যাকের গ্যাসায়তন-সূত্রের ব্যাখ্যা ইহার দ্বারা সম্ভব নয়।

(২) মৌল ও যৌগিকের চরম কণাগুলির কোনো প্রভেদ পরমাণুবাদে নির্দেশিত হয় নাই ; উভয় ক্ষেত্রেই চরম কণাগুলিকে 'পরমাণু' বলা হয়। মৌলের ক্ষেত্রে ডাল্টন—পরমাণুগুলিকে 'সরল পরমাণু' (simple atom) এবং যৌগিকের ক্ষেত্রে—'যৌগ-পরমাণু' (compound atom) বলিয়াছিলেন। এইরূপ প্রভেদ সন্তোষজনক নয়।

(৩) পরমাণুবাদ হইতে পারমাণবিক ভার নির্ধারণের কোনো স্পষ্ট নির্দেশ পাওয়া যায় না।

পরমাণুবাদ অনুসারে, রাসায়নিক সংযোগে অংশ গ্রহণকারী ক্ষুদ্রতম পদার্থকণাকে পরমাণু বলা হয়। প্রশ্ন উঠে, পরমাণুর ক্ষুদ্রতম সংযোজন ভার কিরূপে নির্ধারিত হইবে ? উদাহরণ-স্বরূপ—

কার্বন মনোক্সাইডের ক্ষেত্রে—অক্সিজেন : কার্বন = ৮ : ৬

কার্বন ডায়ক্সাইডের ক্ষেত্রে— „ : „ = ৮ : ৩

যদিও অক্সিজেনের পারমাণবিক ভার ৮ ধরিয়া লওয়া যায়, তথাপি উপরোক্ত অনুপাত ফল হইতে নিশ্চিতরূপে কার্বনের পারমাণবিক ভার গণনা করা যায় না। পূর্বোক্ত উদাহরণ হইতে কার্বন মনোক্সাইড—১টি অক্সিজেন পরমাণু ও ২টি কার্বন পরমাণুর (প্রতিটির যোজনভার = ৩) সমন্বয় হইতে পারে ; অথবা ২টি অক্সিজেন পরমাণু ও ১টি কার্বন পরমাণু (যোজনভার = ৬) হইতে পারে। দ্বিতীয় সম্ভাবনাটি সত্য হইলে, কার্বন ডায়ক্সাইড—২টি অক্সিজেন পরমাণু ও ১টি কার্বন পরমাণুর (যোজনভার = ৬) সমন্বয় হইতে পারে। কিন্তু এইরূপ অনুমানগুলির কোন্‌টি সত্য, তাহা নির্ধারণ অত্যন্ত কঠিন—এবং পারমাণবিক ভারও এইরূপ অনুমাননির্ভর হইলে নির্ভুল হইতে পারে না।

(৪) পরমাণুবাদ হইতে, পরমাণুগুলির আপেক্ষিক ভার (relative weights) নির্ধারণ করা সম্ভব নয়।

(৫) পরমাণুবাদে বলা হয়, পরমাণুই চরম অবিভাজ্য পদার্থ-কণা ; আধুনিক পরীক্ষায় এই অনুমান ভুল বলিয়া প্রমাণিত হইয়াছে।

(৬) পরমাণুবাদে অনুমান করা হয় যে—একই মৌলের পরমাণুগুলি একই ওজন-বিশিষ্ট ; যমজযুক্ত মৌলের ক্ষেত্রে এই অনুমান সত্য নয়।

অনুশীলনী—৪

1. Explain fully the laws of Chemical combination giving one example in each case. What relation do they bear to the Atomic Theory? *Bom., 1919 '31 ; C. U., 1909. '11, '31, '33, '44 ; Dec., 1940.*

2. State the laws of Chemical combination implied in the equation

$$2H_2+O_2=2H_2O.$$

3. Enunciate Avogadro's law and explain its importance in determining the atomic weights of elements, illustrating your answer by examples. *Pat., 1928. '29 ; C. U., 1915. '19. '32, '43, '45, '57.*

4. Define the law of Gaseous Volumes and illustrate it by experiment. What hypothesis was propounded to account for the facts underlying the law? *All, 1937 ; C. U., 1915, '33, '44, '47. '49.*

5. State Dalton's Atomic Theory, and show that the first and second laws of chemical combination can be deduced from it. *Punj., 1932 ; C. U., 1917, '29, '42.*

6. What is Avogadro's Hypothesis? Discuss the evidence on which it is based. What are the importat deductions that can be made from it? *Bom., 1926 ; All., 1927 ; Nag. 1922, C. U., 1930 '37, '47, '49.*

7. A molecule of Hydrogen or Oxygen is said to consist of two atoms. Give reasons for the truth or otherwise of the statement. *C. U. 1943. '47 ; Pat., 1907 ; All., 1909.*

8. Establish the relationship between molecular weight and the relative density of the gas. *Nag., C. U., 1912. '22, '32.*

Discuss how the Daltonian concept of the structure of matter has helped to explain the laws of Chemical Combiunation. *Banaras ; C. U., 1939.*

9. State the laws of Constant Proportions, and describe how you would proceed to demonstrate its truth by experiment. *Banaras 1937 ; C. U., 1923 ; London I Sc.*

10. What do you understand by the law of Multiple Proportions? A metal is found to give 2 oxides. On heating 1 gm. of each in Hydrogen. 0·798 and 0·888 gms. of the meterial are obtained. So that the results are in agreement with the law of Multiple Proportion. *Patna, 1928 ; Banaras, 1927 ; C. U. '22*

11. Stass prepared Silver chloride in a variety of ways with the results :—

	Wt. of Ag.		*Wt. of AgCl*
(1)	91·462 gms.	... ...	121·4998 gms.
(2)	108·549 gms.	... ...	144·2070 gms.
(3)	69·8674 gms.	... ...	92·8745 gms.

Show that these are in agreement with the Law of Constant Proportions.

12. Two elements A and B combine together giving 3 different compounds in which 25%. 14·28% and 7·69% of B are present. How will you prove that the data are in agreement with the law of Multiple Proportions? *All., 1914.*

13. Copper forms 2 oxides. One contains 20·12% and the other 11·19% of Oxygen by wt. Show that the proportions illustrate the law of Multiple Proportions.

14. State the law of Reciprocal Proportions, and illustrate it from the following data :—

Marsh gas	Carbon monoxide	Water
C=75%	C=42·86%	H=11·11%
H=25%	O=57·14%	O=88·89%

15. Why is the formula for Chlorine written as Cl_2 ? *Pat., 1937 ; C. U., 1921.*

16. Define the law of Multiple Proportions. Give at least two examples by which you can establish its truth. How does Dalton's Atomic Theory explain this law ? Two oxides of a metal contain 27·6 and 30·0 per cent of Oxygen respectively. If the formula of the first be M_3O_4, find that of the Second.

C. U., 1936 '40, '49.

17. Show clearly how the oxides of Lead illustrate the law of Multiple Proportions.

18. Dalton states 'equal volumes of the gases contain the same number of atoms at the same temp. and pressure'. The statement was found incompatible with Gay-Lussac's Law of Gaseous Volumes based upon experimental facts. Show how a correct interpretation was given by Avogadro. *Bom., 1923 ; C. U., 1947.*

19. State the law of Multiple and Reciprocal and Proportions, PH_3 contains 91·1% of P and 8·9% of H ; water contains 88·8% of O and 11·2% of H : and P_4O_6 contains 56·4% of P and 43·6% of O. Show, without using At. wts., that this data illustrate the law of Reciprocal Proportions. *Bom., 1934.*

20. A metal forms two chlorides containing respectively 65·5% and 55·9% of Chlorine. Show that these figures are in accordance with the fundamental law of Chemistry, and state the law.

21. What are the facts and theories which led us to believe that the Nitrogen or the Oxygen molecule contains two atoms ? *B. C. S., 1937.*

22. Boyle's Law was discovered as early as 1660; the Law of Conservation of Matter about 1789; and the Law of Conservation of Energy as late as 1842. Explain the significance of these dates.

23. State the Law of Equivalent Proportions. *C. U., 1941.*

24. State the law of Constant Composition. *Banaras, 1937 ; C. U., 1940.*

25. 0·46 gm. of Mg gives 0·77 gm. of MgO ; 0·82 gm. of Mg liberates 760 c.c. of H_2 at N.T.P. from acids. Show that the results illustrate a law of chemical action. *All., 1938.*

পঞ্চম অধ্যায়

পারমাণবিক ও আণবিক ভার

(Atomic weights and Molecular weights)

পরমাণু ও অণু : (Atoms and Molecules) :

পূর্বে উল্লিখিত হইয়াছে যে ডাল্টনের মতে—মৌলগুলির মধ্যে রাসায়নিক সংযোগ, মৌলগুলির পরমাণুসমূহের মধ্যে প্রকৃত সংযোগের ফলেই ঘটিয়া থাকে। সুতরাং দুই বা ততোধিক মৌলের পরমাণুসমূহের সংযোগ ঘটিয়া যখন কোনো রাসায়নিক যৌগিক উৎপন্ন হয়, তখন পরমাণুগুলি আর পরমাণুরূপে না থাকিয়া উক্ত যৌগিকের প্রকৃতি অনুযায়ী, ক্ষুদ্র ক্ষুদ্র পরমাণুগুচ্ছ উৎপন্ন করে। যেমন ২০০০ অক্সিজেন পরমাণুর সহিত, ৪০০০ হাইড্রোজেন পরমাণুর সংযোগের ফলে—অবিচ্ছিন্নরূপে জল উৎপন্ন হয় না, এই ৬০০০ পরমাণুর সংযোগের ফলে ক্ষুদ্র ক্ষুদ্র ২০০০ পরমাণুগুচ্ছের (প্রতিটি গুচ্ছে—২টি করিয়া হাইড্রোজেন ও ১টি করিয়া অক্সিজেন পরমাণু) বা ২০০০টি জলকণার সৃষ্টি হয়। এই ক্ষুদ্র পরমাণুগুচ্ছকে 'অণু' (molecule) বলা হয়।

অণুর ও পরমাণুর ওজন নির্ধারণ (Weighing Molecules and Atoms) :

প্রকৃত প্রস্তাবে অণু বা পরমাণুকে ওজন করা অসম্ভব। তথাপি, কোন নির্দিষ্ট বস্তুর পরমাণুর আপেক্ষিকে—অণু ও পরমাণুর ওজন নির্ধারণ করা চলে। অর্থাৎ অণু বা পরমাণুর আপেক্ষিক ওজন নির্ধারণ করা যায়।

ধ্রুবক বস্তু (The Standard Substance) :

আণবিক ও পারমাণবিক ভার নির্ধারণের ক্ষেত্রে—লঘুতম পদার্থ হাইড্রোজেনকে ধ্রুবক বস্তু হিসাবে মনোনয়ন করা সুবিধাজনক বলিয়া রাসায়নিকেরা, হাইড্রোজেনকেই সাধারণতঃ একক মান সম্পন্ন ধ্রুবক বলিয়া গ্রহণ করেন ; এবং আণবিক ও পারমাণবিক ভার বলিতে, হাইড্রোজেনকে একক ধরিয়া, উহার আপেক্ষিকে নির্ধারিত ভারকে বুঝায়।

১। **আণবিক ভার (Molecular weight) :**

কোন বস্তুর অণু হাইড্রোজেনের পরমাণুর তুলনায় যতগুণ ভারী—সেই গুণিতক সংখ্যাকে বস্তুটির আণবিক ভার (molecular weight) বলা হয় : আণবিক ভার—অণুর মধ্যে বর্তমান পরমাণুগুলির মিলিত ওজনও বলা যায়।

$$\text{বস্তুর আণবিক ভার} = \frac{\text{বস্তুর ১টি অণুর ওজন}}{\text{হাইড্রোজেনের ১টি পরমাণুর ওজন}}$$

উদাহরণ-স্বরূপ—ক্লোরিনের আণবিক ভার—৭১ বলিলে একটি ক্লোরিন অণুর ভার ৭১ গ্রাম বুঝায় না। ক্লোরিনের আণবিক ভার—৭১ অর্থে, ১টি ক্লোরিন অণু, একটি হাইড্রোজেন পরমাণু অপেক্ষা ৭১ গুণ ভারী ইহাই বুঝায় অর্থাৎ, ৭১টি হাইড্রোজেনের পরমাণুর মিলিত ওজন—১টি ক্লোরিন অণুর ওজনের সমান।

অ্যাভোগাড্রো-প্রকল্প হইতে আণবিক ভারের সংজ্ঞা (Definition of Molecules based on Avogadro's Hypothesis) :

অ্যাভোগাড্রো-প্রকল্প হইতে আণবিক ভারের নিম্নলিখিত সংজ্ঞা দুইটি উপস্থাপিত করা যায়—

(১) একই উষ্ণতা ও চাপে ওজন অনুপাতে ২ ভাগ হাইড্রোজেন যে আয়তন অধিকার করে, সেই আয়তন অধিকার করিতে (গ্যাসীয় বা বাষ্পীয় অবস্থায়) বস্তুটির যে ওজন প্রয়োজন হয়—উহাই বস্তুটির 'আণবিক ভার'।

(২) বস্তুর আণবিক ভার বলিতে এমন একটি সংখ্যা বুঝায়, যাহাকে গ্রামে প্রকাশ করিলে উহা বস্তুটির গ্যাসীয় বা বাষ্পীয় অবস্থায় ২২'৪ লিটার (প্রমাণ-উষ্ণতা ও চাপে) আয়তনের ওজনের সমান হয়।

আণবিক ভারের গণনা :

পদার্থের আণবিক ভারের গণনার ক্ষেত্রে, সাধারণতঃ অণুর অন্তর্গত পরমাণু সংখ্যাকে পারমাণবিক ভার দিয়া গুণ করিয়া—পরে, পারমাণবিক ভারগুলিকে যোগ করিতে হয়। উদাহরণ-স্বরূপ,—জলের আণবিক ভার ১৮; কারণ জলের আণবিক সংকেত—H_2O, ২টি হাইড্রোজেন পরমাণুর ভার=২×১, ও ২টি অক্সিজেন পরমাণুর ভার=১×১৬—এবং ২+১৬=১৮। আণবিক ভারকে, সংকেত ভারও (formula weight) বলা হয়।

গ্রাম আণবিক ভার বা গ্রাম অণু (The gm-molecular wt. or gram molecule).

পদার্থের আণবিক ভারকে গ্রামে প্রকাশ করিলে, গ্রাম আণবিক ভার বা গ্রাম অণু পাওয়া যায়। উদাহরণ-স্বরূপ, অক্সিজেনের গ্রাম আণবিক-ভার=৩২ গ্রাম।

২। পারমাণবিক ভার (The Atomic weight) :

একটি হাইড্রোজেন পরমাণুর তুলনায়, মৌলের একটি পরমাণু যতগুণ ভারী—সেই সূচক সংখ্যাটিকে, মৌলের পারমাণবিক ভার বলা হয়।

$$\text{মৌলের পারমাণবিক ভার} = \frac{\text{মৌলের ১টি পরমাণুর ওজন}}{\text{হাইড্রোজেনের ১টি পরমাণুর ওজন}}$$

সুতরাং—পারমাণবিক ভার পরমাণুর প্রকৃত ভার নহে, হাইড্রোজেনের এককে নির্ধারিত বিভিন্ন মৌল পরমাণুর **আপেক্ষিক** ভারকে মৌলের পারমাণবিক ভার

বলা হয়। উদাহরণ-স্বরূপ, ক্লোরিনের পারমাণবিক ভার ৩৫.৪৬—ইহার অর্থ, ১টি ক্লোরিনের পরমাণু, ১টি হাইড্রোজেনের পরমাণু অপেক্ষা ৩৫.৪৬ গুণ ভারী; অর্থাৎ ১টি হাইড্রোজেন পরমাণুর ভারকে একক ধরিলে, ক্লোরিনের ১টি পরমাণুর ভার, ১টি হাইড্রোজেন পরমাণুর ভার অপেক্ষা ৩৫.৪৬ গুণ বেশী। যদি কল্পনা করা যায় যে পরমাণুকে সূক্ষ্ম তুলায় ওজন করা যায়,—তবে তুলার এক পাল্লায় ২টি ক্লোরিন পরমাণু স্থাপন করিলে, উহা অপর পাল্লায় ৭১টি হাইড্রোজেন পরমাণুকে প্রতিসাম্য করিবে।

আইসোটোপের ধারণা হইতে জানা যায়, ক্লোরিন দুইজাতীয় পরমাণুর দ্বারা গঠিত: ঐ দুইজাতীয় পরমাণুর ওজন যথাক্রমে ৩৫ ও ৩৭ এবং উহাদের অনুপাত ৩ : ১। অতএব ক্লোরিনের সাধারণ পারমাণবিক ভার ৩৫.৪৬, উহার গড় পারমাণবিক ভার মাত্র।

মৌলের পরমাণবিক ভারের অপর একটি সংজ্ঞা নিম্নরূপ :

"মৌলের যৌগিকসমূহের আণবিক ভারগুলির মধ্যে, মৌলের যে ক্ষুদ্রতম ওজন বর্তমান থাকে, উহাকে মৌলের পারমাণবিক ভার বলা হয়।"

গ্রাম-পারমাণবিক ভার বা গ্রাম পরমাণু (The gm-atomic wt. or gram atom):

কোন মৌলের পারমাণবিক ভারকে গ্রামে প্রকাশ করিলে, গ্রাম পারমাণবিক ভার বা গ্রাম পরমাণু পাওয়া যায়। উদাহরণ-স্বরূপ, ১ গ্রাম-পরমাণু Mg অর্থে, ২৪ গ্রাম Mg বুঝাইয়া থাকে।

অক্সিজেন ধ্রুবক (The Oxygen St3ndard):

প্রাউস্টের (Proust) প্রস্তাবিতরূপে পারমাণবিক ভারের হাইড্রোজেন-ধ্রুবক বর্তমানে পরিত্যক্ত হইয়াছে এবং বর্তমানে ১টি অক্সিজেন পরমাণুর ওজন ১৬.০০০—ইহাকেই পারমাণবিক ভার নির্ণয়ের জন্য ধ্রুবক বলিয়া গ্রহণ করা হইয়াছে।

এই ধ্রুবক গ্রহণের স্বপক্ষে, নিম্নলিখিত যুক্তিগুলি প্রদর্শন করা চলে—

(১) মৌলগুলির অক্সিজেন যৌগিক প্রস্তুত করা হাইড্রোজেন যৌগিক অপেক্ষা অনেক সহজসাধ্য।

(২) হাইড্রোজেন অত্যন্ত লঘু বলিয়া, ইহার পরিমাপের সামান্য ত্রুটিও—পরীক্ষা-ফলকে বহু পরিমাণ ত্রুটিপূর্ণ করে; অক্সিজেনকে একক ব্যবহার করিলে, হাইড্রোজেন অপেক্ষা পরীক্ষাগত ত্রুটি কম হয়।

(৩) হাইড্রোজেনকে ধ্রুবক, অর্থাৎ H=১.০০০ ধরিলে, ইহার আপেক্ষিকে নির্ধারিত বিভিন্ন পারমাণবিক ভারগুলি পূর্ণসংখ্যা হয় না; কিন্তু অক্সিজেন-ধ্রুবকে অর্থাৎ O=১৬.০০০ ধরিলে, ইহার আপেক্ষিকে নির্ধারিত, মৌলগুলির বিভিন্ন পারমাণবিক ভার—পূর্ণসংখ্যারূপে পাওয়া যায়।

তুল্যাংক যোজ্যতা ও পারমাণবিক ভারের পারস্পরিক সম্পর্ক (Relation between Equivalent wt. Valency and Atomic weight):

উদাহরণ :

(১) ওজন অনুপাতে, ২৩ ভাগ সোডিয়ম, ১ ভাগ হাইড্রোজেনকে প্রতিস্থাপন করে।

অতএব সংজ্ঞানুযায়ী, সোডিয়মের তুল্যাংক = ৩

কিন্তু, সোডিয়মের পারমাণবিক ভার = ২৩, এবং হাইড্রোজেনের পারমাণবিক ভার = ১

আবার সোডিয়মের ১টি পরমাণু, HCl হইতে ১টি হাইড্রোজেন পরমাণুকে প্রতিস্থাপন করে—

অতএব, সোডিয়মের যোজ্যতা = ১ (সংজ্ঞানুযায়ী)

∴ সোডিয়মের যোজ্যতা = ২৩ ÷ ২৩ = পারমাণবিক ভার ÷ তুল্যাংক।

(২) ওজন অনুপাতে, ১২ ভাগ ম্যাগনেসিয়ম, ১ ভাগ হাইড্রোজেনকে প্রতিস্থাপন করে।

অতএব সংজ্ঞানুযায়ী, ম্যাগনেসিয়মের তুল্যাংক = ১২

কিন্তু, ম্যাগনেসিয়মের পারমাণবিক ভার = ২৪, এবং হাইড্রোজেনের পারমাণবিক ভার = ১

আবার, ম্যাগনেসিয়মের ১টি পরমাণু, HCl-এর ২টি অণু হইতে—২টি হাইড্রোজেন পরমাণুকে প্রতিস্থাপন করে।

অতএব ম্যাগনেসিয়মের যোজ্যতা = ২ (সংজ্ঞানুযায়ী)

∴ ম্যাগনেসিয়মের যোজ্যতা = ২৪ ÷ ১২ = পারমাণবিক ভার ÷ তুল্যাংক।

(৩) ওজন অনুপাতে, ৯ ভাগ Al, HCl হইতে ১ ভাগ হাইড্রোজেনকে প্রতিস্থাপন করে।

অতএব সংজ্ঞানুযায়ী, Alএর তুল্যাংক = ৯

কিন্তু Al-এর পারমাণবিক ভার = ২৭, এবং Hএর পারমাণবিক ভার = ১

আবার Alএর ১টি পরমাণু, ৩টি HCl অণু হইতে, ৩টি হাইড্রোজেন পরমাণুকে প্রতিস্থাপন করে।

অতএব, Alএর যোজ্যতা = ৩

∴ অ্যালুমিনিয়মের যোজ্যতা = ২৭ ÷ ৯ = পারমাণবিক ভার ÷ তুল্যাংক।

অনুরূপভাবে, অন্য মৌলের ক্ষেত্রেও দেখান চলে যে, সর্বক্ষেত্রেই—

যোজ্যতা = পারমাণবিক ভার ÷ তুল্যাংক

অর্থাৎ, পারমাণবিক ভার = তুল্যাংক × যোজ্যতা।

উপরোক্ত সিদ্ধান্ত হইতে স্বতঃই বুঝা যায় যে, মৌলের পারমাণবিক ভার অবশ্যই টহার তুল্যাংকের পূর্ণ-গুণিতক হইবে। যেহেতু, তুল্যাংককে নির্ভুলভাবে নিরূপণ

করা যায়, অতএব নির্ধারিত তুল্যাংকের মানের সাহায্যে, পূর্বোক্ত সূত্রটি হইতে পারমাণবিক ভারকেও নির্ভুলভাবে নির্ধারিত করা চলে।

পারমাণবিক ভার নিরূপণের বিভিন্ন প্রণালী :

মৌলের পরমাণবিক ভারকে সাধারণতঃ নিম্নলিখিত প্রণালীগুলির সাহায্যে নিরূপণ করা হইয়া থাকে—

(১) তুল্যাংক হইতে নিরূপণ (রাসায়নিক প্রণালী);

(২) অ্যাভোগাড্রো-প্রকল্পের সাহায্যে নিরূপণ : ক্যানিজারোর প্রণালী (Cannizaro's method);
(যে-সকল মৌল, গ্যাসীয় বা উদ্বায়ী যৌগিক উৎপন্ন করে—তাহাদের ক্ষেত্রেই মাত্র, এই প্রণালী প্রযুজ্য।]

(৩) ডুলং-পিটিট সূত্রের (Dulong-Petit's Law) প্রয়োগ দ্বারা নিরূপণ;
[কেবলমাত্র কঠিন মৌলের ক্ষেত্রে, এই প্রণালী প্রযোজ্য।]

(৪) মিস্টারলিখের যৌগিকের সমকল্পতা-সূত্রের (Misterlich's Law of Isomorphism) প্রয়োগ দ্বারা নিরূপণ;

(৫) পর্যায়-সূত্রের ((Periodic Law) প্রয়োগ দ্বারা নিরূপণ।

দ্রষ্টব্য :—প্রকৃতপক্ষে তুল্যাংক হইতে নিরূপণ-প্রণালী এবং সমকল্পতা-সূত্রের সাহায্যে নিরূপণ-প্রণালী—এই দুইটি পারমাণবিক ভার নির্ধারণের জন্য কার্যক্ষেত্রে প্রয়োগ করা হইয়া থাকে। অপর প্রণালীগুলি, নির্ধারিত পারমাণবিক ভার যাচাই করার জন্য ব্যবহৃত।

১। তুল্যাংক হইতে পারমাণবিক ভার নির্ধারণ :

এই প্রণালীটি. কার্যকরী ক্ষেত্রে প্রায়শঃ প্রযুক্ত হয়। এই প্রণালীতে,

(ক) প্রথমে অতি সতর্কভাবে, মৌলের নির্ভুল তুল্যাংক নির্ধারণ করা হয়

(খ) পরে, ডুলং-পিটিট সূত্র বা, উপরোক্ত প্রণালীগুলির যে-কোন একটির সাহায্যে—মৌলটির **আনুমানিক পারমাণবিক ভার** (approximate atomic weight) নির্ধারণ করা হয় ও মৌলটির যোজ্যতা নিরূপণ করা হয়।

(গ) নির্ধারিত তুল্যাংককে, যোজ্যতা দ্বারা গুণ করিয়া—**প্রকৃত পারমাণবিক ভার** (exact At. wt.) নিরূপণ করা হয়।

উদাহরণ :— Mgএর নির্ধারিত তুল্যাংক = ১২.১৬
অন্যান্য প্রণালীর সাহয্যে নিরূপিত Mgএর
আনুমানিক পারমাণবিক ভার = ২৩
∴ Mgএর যোজ্যতা = ২৩ ÷ ১২.১৬ = ১.৮৯

কিন্তু সংজ্ঞানুযায়ী, যোজ্যতা মাত্রেই পূর্ণসংখ্যা হওয়া উচিত এবং আসন্ন মানে উপরোক্ত যোজ্যতা প্রকৃতপক্ষে = ২।

সুতরাং নির্ভুল বা প্রকৃত পারমাণবিক ভার = ১২.১৬ × ২ = ২৪.৩২।

গাণিতিক উদাহরণ

1. The equivalent wt. of Sodium is 23, its valency is 1. What is its At. wt. ?

সমাধান ঃ—পারমাণবিক ভার = তুল্যাংক × যোজ্যতা = ২৩ × ১ = ২৩।

2. The equivalent wt. of Magnesium is 12, its valency is 2. What is its At. wt. ?

সমাধান ঃ—পারমাণবিক ভার = তুল্যাংক × যোজ্যতা = ১২ × ২ = ২৪।

বিকল্প রাসায়নিক প্রণালী

ধরা যাক্—অক্সিজেনের পারমাণবিক ভার নির্ধারণ করিতে হইবে।

১৮ গ্রাম জলের সহিত সোডিয়মের বিক্রিয়া ঘটিলে, ১ গ্রাম হাইড্রোজেন উৎপন্ন হয় ও ৪০ গ্রাম অপর একটি যৌগিক পাওয়া যায়; এই যৌগিকটিতে ১৮ গ্রাম জলের সমগ্র অক্সিজেন অংশ, ও কিছু হাইড্রোজেনও সোডিয়মের সহিত সংযুক্ত অবস্থায় থাকে। এই যৌগিকটির ৪০ গ্রাম দ্রবণরূপে লইয়া জিংকের সহিত স্ফুটন করিলে পুনরায় ১ গ্রাম পরিমাণ হাইড্রোজেন উৎপন্ন হয় ও অবশিষ্ট একটি যৌগিক থাকে। এই নূতন যৌগিকটিতে, ১৮ গ্রাম জলের সমগ্র অক্সিজেন অংশ জিংক ও সোডিয়মের সহিত সংযুক্ত অবস্থায় থাকে—কিন্তু এই যৌগিকটিতে আর **কোনো হাইড্রোজেন থাকে না**। অতএব, জলমধ্যস্থ হাইড্রোজেনের **দুইটি সমান অংশে প্রতিস্থাপন** ঘটে এবং জলের অণুতে অবশ্যই ২টি হাইড্রোজেন পরমাণু আছে।

আবার, জলকে ক্লোরিন দ্বারা বিক্রিয়া করিলে বা অন্য কোনো উপযুক্ত বিক্রিয়া করিলে—প্রমাণ করা যায় যে, ১৮ গ্রাম জল হইতে অক্সিজেন অংশকে একবারই মাত্র প্রতিস্থাপন সম্ভব। সুতরাং—জলে, প্রতিটি অক্সিজেনের পরমাণুর সহিত দুইটি হাইড্রোজেনের পরমাণু থাকে—এবং যেহেতু উহাদের সংযোগ অনুপাত ৮ : ১, **অতএব অক্সিজেনের পারমাণবিক ভার ১৬এর কম নহে।**

৪। অ্যাভোগাড্রো-প্রকল্পের সাহায্যে পারমাণবিক ভার নির্ধারণ (বাষ্প-ঘনত্ব প্রণালী) ঃ

যেহেতু পরমাণু অবিভাজ্য, অতএব কোনো মৌল হইতে উৎপন্ন যৌগিকের অণুতে, মৌলটির একের কম সংখ্যক পরমাণু থাকা সম্ভব নয়। সুতরাং বহুসংখ্যক যৌগিকের মধ্যে—মৌলটির যে ক্ষুদ্রতম ওজন থাকে, উহাই মৌলটির পারমাণবিক ভার নির্দেশ করে।

এই প্রণালীতে, পারমাণবিক ভার নির্ণয় করিতে হইলে, নিম্নলিখিত ধারাগুলি অনুসরণ করা হয় :

(১) প্রথমতঃ, মৌলের **বহুসংখ্যক উদ্বায়ী** যৌগিকের বাষ্প-ঘনত্ব নির্ণয় করা হয়।

(২) দ্বিতীয়তঃ, নির্ধারিত বাষ্প-ঘনত্ব হইতে আণবিক ভার নিম্নোক্ত সূত্রের সাহায্যে নির্ণয় করা হয়—

আণবিক ভার = ২ × ঘনত্ব।

(৩) তৃতীয়তঃ, প্রতিটি যৌগিককে বিশ্লেষণ করিয়া, আণবিক ভারের মধ্যে বর্তমান, মৌলটির প্রকৃত ওজন নির্ধারণ করা হয়।

(৪) সর্বশেষে, আণবিক ভারের মধ্যে বর্তমান, মৌলটির ক্ষুদ্রতম ওজন নির্ধারণ করা হয়।

এই নির্বাচিত ক্ষুদ্রতম ওজনই, মৌলটির পারমাণবিক ভার।

উদাহরণ ঃ

(ক) নাইট্রোজেনের পারমাণবিক ভার—

যৌগিক	প্রকৃত ঘনত্ব (D_H = ১)	আণবিক ভার = ২ × প্রকৃত ঘনত্ব	যৌগিকটির আণবিক ভারের মধ্যে নাইট্রোজেনের ওজন
অ্যামোনিয়া	৮·৫	১৭	১৪
নাইট্রাস অক্সাইড	২২·০	৪৪	১৪ × ২
নাইট্রিক অক্সাইড	১৫·০	৩০	১৪
নাইট্রোজেন পারক্সাইড	২৩·০	৪৬	১৪
নাইট্রোজেন ট্রায়ক্সাইড	৩৮·০	৭৬	১৪ × ২

উপরোক্ত তালিকা হইতে দেখা যায় যে, বিভিন্ন যৌগিকের বিভিন্ন আণবিক ভারের মধ্যে, নাইট্রোজেনের ক্ষুদ্রতম ওজন ১৪। যেহেতু, বিভিন্ন যৌগিকের অণুতে—মৌলের যে ক্ষুদ্রতম কণা অংশ গ্রহণ করে, তাহাকেই মৌলের পরমাণু বলা হয়, অতএব নাইট্রোজেনের পারমাণবিক ভার ১৪।

দ্রষ্টব্য ঃ—পূর্বোক্ত, তালিকায়, দক্ষিণ শ্রেণীতে সকল সংখ্যাগুলিই ১৪, বা ১৪ এর গুণিতক সুতরাং, যৌগিক একাধিক নাইট্রোজেন পরমাণুর সমষ্টি না হইলে—ক্ষুদ্রতম ওজন ১৪ই, একটি নাইট্রোজেন পরমাণুর ভার নির্দেশ করিবে। পূর্বোক্ত উদাহরণে বহুসংখ্যক নাইট্রোজেন যৌগিককে পরীক্ষা করা হইয়াছে এবং এই যৌগিকের কোন কোনোটি একটিমাত্র নাইট্রোজেন পরমাণু লইয়া গঠিত, এরূপ ধারণা অযৌক্তিক নয়। সুতরাং, উপস্থিত ক্ষেত্রে—ক্ষুদ্রতম ওজন ১৪কেই নাইট্রোজেনের পারমাণবিক ভার লইয়া গ্রহণ করা উচিত। ভবিষ্যতে যদি এইরূপ কোন নাইট্রোজেন যৌগিকের অস্তিত্ব জানা যায় যে, যাহাতে নাইট্রোজেনের ওজন ১৪-এরও কম হয়—তখন নাইট্রোজেনের পারমাণবিক ভারকে সংশোধন করার প্রয়োজন দেখা দিবে।

(খ) অক্সিজেনের পারমাণবিক ভার—

যৌগিক	প্রকৃত ঘনত্ব (D_H = ১)	আণবিক ভার = ২ × ঘনত্ব	আণবিক ভারের মধ্যে অক্সিজেনের ওজন
কার্বন ডায়ক্সাইড	২২	৪৪	১৬×২
সালফার ডায়কসাইড	৩২	৬৪	১৬×২
নাইট্রাস অক্সাইড	২২	৪৪	১৬
নাইট্রিক অক্সাইড	১৫	৩০	১৬
অ্যালকোহল	২৩	৪৬	১৬
কার্বন মনোক্সাইড	১৪	২৮	১৬

অতএব, উপরোক্ত তালিকায় বিভিন্ন উদ্বায়ী যৌগিকে আণবিক ভারের মধ্যে, অক্সিজেনের ক্ষুদ্রতম ভার = ১৬ = অক্সিজেনের পারমাণবিক ওজন।

(গ) ফসফোরাসের পারমাণবিক ভার—

ফসফোরাসের উদ্বায়ী বিভিন্ন যৌগিক, যেমন—P_2O_3, P_2O_5, PCl_3, PH_3 প্রভৃতি বিশ্লেষণ করিলে, অনুরূপভাবে, ফসফোরাসের ক্ষুদ্রতম ওজন ৩১ পাওয়া যায়। অতএব ফসফোরাসের পারমাণবিক ভার = ৩১।

(ঘ) কার্বনের পারমাণবিক ভার—

কার্বনের উদ্বায়ী বিভিন্ন যৌগিক যথা—C_2H_2, C_2H_4, CO, C_6H_6, CO_2 ইত্যাদি বিশ্লেষণ করিলে, অনুরূপভাবে, কার্বনের ক্ষুদ্রতম ওজন ১২ পাওয়া যায়। অতএব কার্বনের পারমাণবিক ভার = ১২।

৩। কঠিন মৌলের আপেক্ষিক তাপ হইতে পারমাণবিক ভার নির্ধারণ : ডুলং ও পিটিটের সূত্র (Dulong and Petit's Law) :

এই প্রণালীটি মৌলগুলির আনুমানিক পারমাণবিক ভার নির্ধারণের জন্য ব্যবহৃত হয়। যে মৌলগুলি কঠিন, মাত্র তাহাদের ক্ষেত্রেই এই প্রণালী প্রযোজ্য। যে সকল ধাতুর পারমাণবিক ভার, অ্যাভোগাড্রো-প্রকল্পের সাহায্যে নিরূপণ করা যায় না (কারণ ধাতুগুলি সাধারণতঃ উদ্বায়ী যৌগিক উৎপন্ন করে না)—তাহাদের আপেক্ষিক তাপ হইতে, ডুলং-পিটিট সূত্রের প্রয়োগ দ্বারা, পারমাণবিক ভার নির্ধারণ করা হয়।

ডুলং ও পিটিট নামে দুইজন ফরাসী রাসায়নিক প্রমাণ করেন যে—কঠিন অবস্থায় মৌলের আপেক্ষিক তাপ ও মৌলটির পারমাণবিক ভারের গুণফল, একটি নিত্য সংখ্যা ; এই নিত্য সংখ্যার মান—৬'৪। অর্থাৎ,

আপেক্ষিক তাপ × পারমাণবিক ভার = পারমাণবিক তাপ

(Specific heat × At. wt.) = Atomic Heat

= ৬'৪ (আসন্ন মান)।

ডুলং-পিটিটের সূত্র (Dulong and Petit's Law) ঃ

সকল কঠিন মৌলেরই পারমাণবিক তাপ সমান এবং এই পারমাণবিক তাপ = ৬'৪। অর্থাৎ, তাপশক্তির ক্ষেত্রে, সকল মৌলের পরমাণুই সমক্ষমতাযুক্ত।

আপেক্ষিক তাপ ও ডুলং-পিটিট সূত্রের প্রয়োগে, পারমাণবিক ভার নির্ধারণ করিতে, নিম্নোক্ত প্রণালী ব্যবহৃত হয়।

প্রণালী ঃ (১) প্রথমতঃ কঠিন মৌলটির আপেক্ষিক তাপ নির্ধারণ করা হয় এবং নিম্নোক্ত সূত্র হইতে, আনুমানিক ভার নির্ণয় করা হয়।

পারমাণবিক ভার = ৬'৪ ÷ আপেক্ষিক তাপ।

(২) দ্বিতীয়তঃ কঠিন মৌলটির সঠিক তুল্যাংক নির্ধারণ করা হয়। যেহেতু পারমাণবিক ভার তুল্যাংকের বা তুল্যাংকের পূর্ণ-গুণিতকের সমান—অতএব তুল্যাংককে বিভিন্ন গুণিতক দ্বারা গুণ করিয়া, কোন্ গুণিতককে—উপরোক্ত (প্রথমাংশে নির্ধারিত) পারমাণবিক ভারের আসন্ন মান পাওয়া যায়—তাহা নির্ধারণ করা হয়।

(৩) সর্বশেষে ঐ গুণিতক ও তুল্যাংকের মিলিত গুণফল নির্ণয় করা হয় ; এই গুণফলই প্রকৃত বা যথার্থ পারমাণবিক ভার।

গাণিতিক উদাহরণ

1. The Syecific heat of Indium is '057. Its Eq. wt. is 37 8 but its Valeney is 2 or 3. What its Correct At. wt ?

সমাধান ঃ—পারমাণবিক ভার = তুল্যাংক × যোজ্যতা

∴ ইণ্ডিয়ামের পারমাণবিক ভার = ২ × ৩৭'৮ = ৭৫'৬

অথবা, = ৩ × ৩৭'৮ = ১১৩'৪

কিন্তু ডুলং-পিটিট সূত্রের প্রযোগ করিলে

ইণ্ডিয়ামের পারমাণবিক ভার = ৬'৪ ÷ '০৫৭ = ১১২'২৮

১১২'২৮এর আসন্ন মান তুলনায় ১১৩'৪এর নিকটবর্তী মান, ৭৫ ৬ নহে।

অতএব, ইণ্ডিয়ামের প্রকৃত পারমাণবিক ভার = ১১৩'৪।

---

* * দ্রষ্টব্য ঃ—কার্বন, বোরন, সিলিকন প্রভৃতি কয়েকটি মৌল ব্যতীত, সকল কঠিন, মৌলের ক্ষেত্রেই—ডুলং-পিটিটের সূত্র প্রযোজ্য।

2. *The Sp. heat of a certain metal M is ·25. Its Eq. wt is 12 what are its Correct At. wt. and the formula of its Chloride ?*

সমাধান ঃ—ডুলং-পিটিট সূত্রের প্রয়োগে—

ধাতুটির পারমাণবিক ভার = ৬·৪ ÷ ·২৫ = ২৫·৬

আবার ধাতুটির পারমাণবিক ভার = তুল্যাংক × যোজ্যতা = ১২ × ১ = ১২

এখন ধাতুটির যোজ্যতা = ১ হইলে, পরমাণবিক ভার হইবে = ১২ × ১ = ১২

" " = ২ " " " = ১২ × ২ = ২৪

" " = ৩ " " " = ১২ × ৩ = ৩৬

যেহেতু পূর্বোক্ত নির্ণীত পারমাণবিক ভার ২৫·৬ এর নিকটতম সংখ্যা—২৪ (১২ বা ৩৬ নহে), অতএব ধাতুটির যোজ্যতা—২ ।

∴ ধাতুটির পারমাণবিক ভার = ১২ × ২ = ২৪

এবং ধাতুটির ক্লোরাইডের সংকেত = MCl_2, (M = ধাতু) ।

৪। সমকল্পতা-সূত্রের সাহায্যে পারমাণবিক ভার নির্ধারণ ঃ

সমকল্পতা (Isomorphism) :

কেলাসের সূত্রে, সমকল্পতার সাধারণ বর্ণনা দেওয়া হইয়াছে ।

যখন দুইটি পদার্থ—(ক) একই প্রকার কেলাস উৎপন্ন করে, (খ) পরস্পর মিশ্র-কেলাস (mixed crystals) উৎপন্ন করে এবং (গ) স্তর-কেলাস (layer crystals) বা বিবৃদ্ধি (overgrowths) উৎপন্ন করে, তখন পদার্থ দুইটিকে নিশ্চিতরূপে সমকল্প বলা যায় ।

উদাহরণ ঃ

উপরোক্ত ধর্ম তিনটিকে, সমকল্পতার নিরীক্ষা (tests of isomorphism) বলা যায় ।

পটাশ অ্যালাম এবং ক্রোমিয়াম অ্যালাম—সমকল্প যৌগিক । এই সমকল্পতার প্রমাণ—(ক) উহাদের উভয়েরই **কেলাস গঠন** এক ; (খ) পটাশ অ্যালামের সংপৃক্ত দ্রবণে, একটি ঘন-বেগুনী রংয়ের সুগঠিত ক্রোমিয়াম অ্যালামের কেলাস স্থাপন করিলে, ক্রোমিয়াম অ্যালামের উপরিস্তরে **বিবৃদ্ধি** ঘটিয়া স্বচ্ছ বর্ণহীন পটাশ অ্যালাম জমিতে থাকে ; এবং (গ) দুইটি সমকল্প যৌগিকের মিশ্র দ্রবণকে কেলাসিত হইতে দিলে—**মিশ্র-কেলাস** উৎপন্ন হয় অর্থাৎ যে কেলাস উৎপন্ন হয়, উহাতে দুইটি যৌগিকই বর্তমান থাকে ।

মিস্টারলিখের সমকল্পতা-সূত্র (Misterliech's Law Isomorphism) :

যখন দুইটি যৌগিক পরস্পরের মধ্যে সমকল্প হয় (অর্থাৎ উহাদের কেলাস গঠন একই হয়), তখন সাধারণতঃ ঐ দুইটি যৌগিকের মধ্যে সমসংখ্যক পরমাণু সমরূপে সজ্জিত থাকে ।

অন্য কথায় সমকল্প যৌগিকে, সমধর্মী মৌলগুলি, পরস্পরকে পরমাণুক্রমে প্রতিস্থাপন করে ।

সমকল্পতা-সূত্রের সাহায্যে পারমাণবিক ভার নির্ধারণ :

উদাহরণ :

জিংক সালফেট ($ZnSO_4$, $7H_2O$) এবং ম্যাগনেসিয়ম সালফেট ($MgSO_4$, $7HO_2$) পরস্পরের সহিত সমকল্প। অতএব, উভয়ের অণুতে, সমসংখ্যক পরমাণু আছে; একমাত্র প্রভেদ এই যে—উহাদের একটিতে Zn, ও অপরটিতে Mg আছে। ম্যাগনেসিয়ম সালফেট হইতে Zn, Mgকে প্রতিস্থাপন করিতে পারে এবং এই প্রতিস্থাপনের ফলে কেলাস-গঠনের কোনো পরিবর্তন হইবে না। এই প্রতিস্থাপন, সমকল্পতা-সূত্র অনুযায়ী—পরমাণুক্রমে ঘটে, এবং **মৌল দুইটির যে দুইটি ওজন পরস্পরকে প্রতিস্থাপন করে—উহা মৌল দুইটির পারমাণবিক ভারের আনুপাতিক হইবে।** সুতরাং একটি মৌলের পারমাণবিক ভার জানা থাকিলে, অপরটির পারমাণবিক ভার সহজেই নির্ধারণ করা চলে।

গাণিতিক উদাহরণ

1. Cu_2S and Ag_2S are isomorphous compounds. The p. c. of. Sulphur in the former is 20·14 and in the latter 12·94. The At. wt. of Cu is 63·57 Calculate the At. wt. of Ag.

সমাধান :—প্রথমত:, একই ওজন গন্ধকের সহিত যুক্ত—Cu ও Agএর বিভিন্ন ওজন নির্ণয় করিতে হইবে।

Cu_2S যৌগিকে—

১০০ – ২০·১৪ = ৭৯·৮৬ গ্রাম Cu, ২০·১৪ গ্রাম সালফারের সহিত যুক্ত হয়।

Ag_2S যৌগিকে—

১০০ – ১২·৯৪ = ৮৭·০৬ গ্রাম Ag, ১২·৯৪ গ্রাম সালফারের সহিত যুক্ত হয়।

বা, (৮৭·০৬ × ২০·১৪) ÷ ১২·৯৪ = ১৩৫·৫ গ্রাম Ag, ২০·১৪ গ্রাম Sএর সহিত যুক্ত হয়।

$$\therefore \frac{\text{Agএর পারমাণবিক ভার}}{\text{Cuএর পারমাণবিক ভার}} = \frac{১৩৫·৫}{৭৯·৮৬}$$

বা, Agএর পারমাণবিক ভার = (১৩৫ ÷ ৭৯·৮৬) × ৬৩·৫৭

= ১০৭·৯

2. The formula of Potash Alum is K_2SO_4, $Al_2(SO_4)_3$, $24H_2O$. Gallium forms a potash Alum isomorphous with this and bontaining 13·52% of the metal. Calculate the At. wt. of Ga.

সমাধান :—যেহেতু Ga সমকল্প পটাশ-অ্যালাম গঠন করে,

অতএব সমকল্প, গ্যালিয়াম ঘটিত পটাশ-অ্যালামের সংকেত



$= K_2SO_4, Ga_2, (SO_4)_3, 24H_2O.$

এবং এই যৌগিকটির আণবিক ভার = ৭৮ + ৯৬ + ২Ga + ২২৮ + ২৪ × ১৮

= ৮৯৪ + ২Ga

$$\therefore \text{Gaএর শতকরা মাত্রা} = \frac{২Ga}{৮৯৪ + ২Ga} \times ১০০ = ১৩·৫২ \text{ (প্রশ্নানুযায়ী)}$$

বা, Ga = ৬২·৯৫ = গ্যালিয়মের পারমাণবিক ভার।

পঞ্চম অধ্যায়—সংযোজন

নিউম্যান কৃত ডুলং-পিটিট সূত্রের পরিমার্জিত রূপ (Newmann's modification of Dulong and Pettit's Law):

১৮৮১ সালে, নিউম্যান ডুলং-পিটিট সূত্রের পরিবর্ধন করেন ও প্রমাণ করেন যে,—"সমরূপ গঠনের কঠিন যৌগিকসমূহের আপেক্ষিক তাপগুলি, উহাদের আণবিক ভারের বিপরীত আনুপাতিক"।

জুলের সূত্র (Joule's Law):

১৮৪৪ সালে জুল,—ডুলং-পিটিট সূত্র ও নিউম্যান-সূত্রের সমন্বয়ে নিম্নোক্ত সূত্র বিবৃতি করেন—

"কঠিন যৌগিকের আণবিক তাপ (Molecular heat), উহার অন্তর্গত মৌল-গুলির পারমাণবিক তাপের (Atomic heat) যোগফল।"

পদার্থের অণুর পরম ভার

(Absolute Weight of a Molecule of a Substance)

$$\text{অণুর প্রকৃত ওজন} \; \frac{\text{প্রমাণ উষ্ণতা ও চাপে ২২.৪ লিটার গ্যাসীয় অবস্থায় ওজন}}{\text{৬০.৬} \times \text{১০}^{\text{২৩}} \text{ (অ্যাভোগাড্রো সংখ্যা)}}$$

হাইড্রোজেন পরমাণুর পরম ভার

(Absolute Weight of Hydrogen Atom)

$$\text{হাইড্রোজেন পরমাণুর ওজন} = \frac{\text{১টি হাইড্রোজেন অণুর প্রকৃত ওজন}}{\text{১টি হাইড্রোজেন অণুতে হাইড্রোজেনের পরমাণুর সংখ্যা}}$$

$$= \frac{\text{২ গ্রাম}}{\text{৬.০৬} \times \text{১০}^{\text{২৩}}} \times \frac{\text{১}}{\text{২}}$$

$$= \text{১.৬৫} \times \text{১০}^{-\text{২৪}} \text{ গ্রাম।}$$

'—৫

1. Explain clearly the meaning of the terms 'atom' and 'molecule'. *C. U., 1932, '46.*

2. How would you determine the relative weights of a molecule of Hydrogen and one of the Chlorine pointing out clearly all the steps in the process? What assumptions are made? *Pat., All., 1898.*

3. What is the difference between the Atomic weight and the Molecular weight of an element? *All., 1921.*

4. State Dulong and Pettit's Law and explain its value on the detemination of Atomic weights. The Chloride of a metal was found to contain 47·22% of the metal. Its Sp. heat is ·094. What is its exact At. wt. ?

5. Explain the importance of Avogadro's Hypothesis in determining the Atomic weights of element, illustrating your answer by examples. *Nag., C. U. 1916.*

6. Explain clearly the connection between Equivalent and Atomic wts. 1 gm. of a metal gave on treatment with a dil. mineral acid 34·2 c.c of Hydrogen at N. T. P. Calculate the Equivalent wt. of the metal. What further information is required to determine its At. wt. ?

Pat. ; *1928* ; *All.*, *2926* ; *C. U.*, *1918.* [Ans. = 32·48]

7. Describe any method by which you would proceed to determine the Atomic wt. of Carbon. *Pat. 1911.*

8. If (i) common salt contains 60 p. c. of Chlorine and (ii) assuming the Specific heat of Sodium to be 0·271, taking (iii) the Equivalent wt. of Chlorine to be 35·4, find the At. wt. and probable Valency of Sodium.

[Ans. At. = 23·6 ; Valency = 1]

9. The Specific heat of an element is 0·198. What is its probable Atomic weight ? *Nag.* ; *Pat.*, *1912.* [Ans. = 32·32]

10. ·1 gm. of a certain metal when dissolved in dilute HCl, evolves 124·2 c.c. of Hydrogen at N. T. P. The Specific heat of the metal is 0·238. Find the Equivalent wt., Atomic wt. and valency. *C. U. 1953* ; *All '39* ; *Bom.*, *'16.*

Ans. Eq. wt. = 8·94 ; At. wt. = 26·82 ; Valency = 3]

11. What is the probable Specific heat of Barium, its Atomic weight being 136·8 ? *Benaras*, [Ans. = ·047 nearly]

12. In an experiment 0·49 gm. of a metal dissolved in HCl gave 295 c.c. of *dry* Hydrogen at 22°C and 752 mm. The Sp. heat of the metal was 0·152. Calculate its Chemical Eq. and the exact At. wt.

C. U., *1948.* [Ans. Eq. wt. = 20·15 ; At. wt. = 40·3]

13. What is Isomorphism ? Give examples and state any conclusions you can legitimately draw from the phenomenon of isomorphism. *C. U., 1929.*

The sulphate of a metal contains 20·9% of the metal and *isomorphous* with $ZnSO_4, 7H_2O$. What is the probable At. wt. of the metal ? [Ans = 58·7]

14. The Sp. heat of an element is 0·21, and its Chemical equivalent is 9. What multiple of the latter should be taken as its At. wt. ? [Ans = 3]

15. The Sp. heat of Pt. is ·0324. What is its At. wt. ? [Ans. = 197·5]

16. What is the valency of an element of which the Eq. wt. is 17·8 and the Sp. heat is 0·124 ? [Ans. = 3]

17. 2·76 gms. of Ag yielded 3·67 gms. of AgCl. The Sp. heat of Ag is ·0594. What is the accurate At. wt. of Silver ? [Ans. = 107·67]

18. The Chloride of a metal contains 65·84% of Chlorine. Its Vapour density is 85(H = 1). Calculate the Eq. wt. Valency and the At. wt. of the metal.

[Ans. Eq. wt. = 18·42 ; At. wt. = 55·26 ; Valency = 3]

0·5395 gm. of a metal when converted into its chloride weighs ·07175 gm. The Sp. heat of the metal is ·059. What is its correct At. wt.? $Cl=35·5$

Bom., 1915. [Ans.=107·9]

19. A metal forms two oxides, containing respectively 22·2 and 30·0 p.c. of Oxygen. Its Sp. heat is 0·114. What formula would you assign to them?

Bom., 1926. [Ans.=MO ; M_2O_3]

20. 0·91 gm. of the Sulphide of a metal when roasted in air produced 268·5 c.c. of SO_2 at 27°C and 710 mm. The Sp. heat of the metal is ·0533. What is the At. wt.? *Bom., 1928.*

21. An oxide of a metal contains 30% of Oxygen and 70% of the metal. Its chloride contains 65·5% of Chlorine. 100 c.c. of the vapour of chloride at N. T. P weigh 0·72 gm. The Sp. heat of the metal is 0·114. What are its Eq. wt. and the formula of the Chloride? *Pat. 1937 ; Banaras.*

22. 10 gms. of Mercury unite with 0·8 gms. of Oxygen to form an oxide. 100 c.c. of Hg. vapour at N. T. P. weigh 8·923 gms. The Sp. heat of mercury is ·033. Use these data to show that Hg-molecules are monatomic.

All., 1932 ; Pat., '37.

23. Discuss the methods of determining Atomic weights. Which of them in your opinion is most suitable for Chlorine and Iron? *Bom., 1936.*

24. An element A forms a chloride which contains 29·34 p.c. by wt. of Chlorine and is isomorphous with Potassium chloride. Calculate the Atomic weight of A and explain clearly the theoretical principle you use in your calculation. What other experiments would you suggest to confirm the value of the Atomic weight? *C. U. 1938.* [Ans.=85·5]

25. A little known element formed a few gaseous compounds among which the smallest weight of the element ever present in the gm. mol. wt. of the compound was 26 gms. A new gaseous compound is discovered containing 28·26% of the element. 0·181 gm. of the gas occupies 88·45 c.c. at N. T. P. What is the probable At. wt. of the element? [Ans.=13]

26. (*a*) 1·3 gm. of pure $CaCO_3$ produce on heating 0·72852 gm. of CaO. Calculate the At. wt. of Ca. Given C=12, O=16.

Let x be the At. wt. of Ca.

$\therefore \frac{\text{Mol. wt. of } CaCO_3}{\text{Mol. wt. of } CaO}=\frac{1·3}{·72852}$ *Or,* $\frac{x+60}{x+16}=\frac{1·3}{·72852}$ *Or,* $x=40·06=$ At. wt. of Ca

27. $KMnO_4$ is isomorphous with $KClO_4$ and contains 34·81% of Manganese. What would you expect to be the Atomic wt. of Manganese? [Ans.=55]

21. Discuss the question whether H=1 or O=16 should be used as the standard for Atomic weights. (*B of E.*)

29. What do you mean by the At. wt. of an element? How have the At. wts. of elements been determined? *C. U. 1943.*

30. What do you understand by the statement—"The Atomic wt. of Chlorine is 35·5"? *C. U. 1946.*

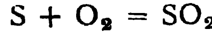
ষষ্ঠ অধ্যায়

রাসায়নিক সূত্র নির্ভর, বিভিন্ন গণনা

(Calculations depending upon Chemical Equations)

ওজন-সংক্রান্ত গণনাবলী—(Calculatlons involving Weight and Weight)

কোনো রাসায়নিক সূত্র দ্বারা, যখন কোনো রাসায়নিক বিক্রিয়াকে নির্দেশ করা হয়, তখন ঐ সূত্র হইতে—নির্দিষ্ট ওজনের বিক্রিয়ক হইতে উৎপন্ন পদার্থগুলির ওজন কত, বা নির্দিষ্ট ওজনের উৎপন্ন পদার্থ হইতে বিক্রিয়ক পদার্থগুলির ওজন কত—উহা গণনা করা সম্ভব। উদাহরণ স্বরূপ, নিম্নলিখিত সূত্রটি ধরা যাক্—



$$S + O_2 = SO_2$$

৩২ ৩২ ৬৪

অর্থাৎ,

(১) ৩২ গ্রাম সালফার ও ৩২ গ্রাম অক্সিজেনের মধ্যে রাসায়নিক বিক্রিয়ার ফলে—উৎপন্ন সালফার ডায়ক্সাইডের ওজন গণনা করা সম্ভব অথবা,

(২) ৬৪ গ্রাম সালফার ডায়ক্সাইড উৎপন্ন করিতে বিক্রিয়ক সালফার ও অক্সিজেনের ওজন গণনা করা সম্ভব।

উপরোক্ত সূত্রে প্রদর্শিত ওজনগুলির অনুপাত আপেক্ষিক—এবং যে কোনো এককেই ওজনকে নির্দেশ করা হোক, ঐ অনুপাত অক্ষুণ্ণ থাকে।

অর্থাৎ পূর্বোক্ত সূত্র হইতে, ইহাও বলা যায় যে—

৩২ পাউণ্ড সালফার, **৩২ পাউণ্ড** অক্সিজেনের সহিত সংযুক্ত হইয়া **৬৪ পাউণ্ড** সালফার ডায়ক্সাইড উৎপন্ন করে, বা—**৩২ মণ** সালফার, **৩২ মণ** অক্সিজেনের সহিত যুক্ত হইয়া, **৬৪ মণ** সালফার ডায়ক্সাইড উৎপন্ন করে।

উপরোক্ত প্রকারের গণনার জন্য, নিম্নের প্রণালী অনুসরণ করা হয়—

প্রণালী ঃ (১) প্রথমতঃ রাসায়নিক বিক্রিয়াটি, সঠিক রাসায়নিক সূত্র দ্বারা লিপিবদ্ধ করা হয়।

(২) রাসায়নিক সূত্রটিতে লিপিবদ্ধ বিভিন্ন পদার্থের সংকেতের নিম্নে, যথাক্রমে সংকেতগুলির ওজন লিখিত হয় অর্থাৎ পদার্থগুলির পারমাণবিক ভার, বা আণবিক ভারগুলি সংকেতগুলির নিম্নে যথাক্রমে লিখিত হয়।

(৩) উপরোক্ত ওজনগুলির অনুপাত, গণনার ক্ষেত্রে ব্যবহার করা হয়।

গাণিতিক উদাহরণ

1. Find the weight of quick lime obtained by strongly heating 10 gms. of marble ($Ca=40$, $C=12$, $O=16$)

সমাধান ঃ— $CaCO_3 = CaO + CO_2$

(৪০+১২+৪৮)=(৪০+১৬)

১০০ ৫৬

অর্থাৎ, সূত্রানুযায়ী ১০০ গ্রাম মার্বল উত্তপ্ত করিলে, ৫৬ গ্রাম কুইকলাইম পাওয়া যায়।

2. 7·0 gms of magnesium carbonate were added to double its weight of dilute Sulphuric acid After all action has ceased, it was found that 0·7 gm. remained undissolved. Calculate the percentage strength of ihe acid.

সমাধান ঃ—$MgCO_3$ + H_2SO_4 = $MgSO_4 + H_2O + CO_2$

(২৪+১২+৪৮) (২+৩২+৬৪)

৮৪ ৯৮

৮৪ গ্রাম ম্যাগনেসিয়ম কার্বনেট, ৯৮ গ্রাম H_2SO_4 এর সহিত রাসায়নিক বিক্রিয়া সম্পূর্ণ করে। যেহেতু, ·৭ গ্রাম $MgCO_3$ দ্রবীভূত হয় নাই, অতএব (৭·০–০·৭) বা ৬·৩ গ্রাম ম্যাগনেসিয়ম কার্বনেট বিক্রিয়ায় অংশ গ্রহণ করিয়াছে।

এখন ৮৪ গ্রাম $MgCO_3$—৯৮ গ্রাম H_2SO_4 এর সহিত বিক্রিয়া করে।

ধরা যাক্ ৬·৩ „ —x „ „ „ „ „

৮৪ : ৬·৩ : : ৯৮ : x

বা, $x = \frac{৬·৩ \times ৯৮}{৮৪} = ৭·৩৫$ গ্রাম H_2SO_4

অর্থাৎ, ৭·৩৫ গ্রাম H_2SO_4—(৭×২)=১৪ গ্রাম লঘু H_2SO_4 এর মধ্যে বর্তমান আছে।

∴ ১০০ গ্রাম লঘু H_2SO_4 এর মধ্যে—প্রকৃত H_2SO_4 এর পরিমাণ

$= \frac{১০০ \times ৭·৩৫}{১৪} = ৫২·৫$ গ্রাম

অর্থাৎ, লঘু সালফিউরিক এসিডের শতকরা মাত্রায় শক্তি= ৫২·৫%

3. What weight of iron can theoretically be obtained from 40 tons of Haematite ?

সমাধান ঃ—হেমাটাইটের সংকেত= Fe_2O_3 এবং হেমাটাইটের আণবিক ভার=(৫৬×২ +৩×১৬)=১৬০। অতএব, ১৬০ টন হেমাটাইটের মধ্যে ১১২ টন লৌহ আছে ; এবং প্রকৃতপক্ষে লভ্য লৌহের পরিমাণ=১১২ টন। সুতরাং

১৬০ টন হেমাটাইট হইতে ১১২ টন লৌহ পাওয়া যায়

∴ ৪০ „ „ „ $\frac{১১২ \times ৪০}{১৬০}$ = ২৮ টন লৌহ পাওয়া সম্ভব

4. An impure sample of Soda Ash contains 68 per cent of Sodium carbonate Find the weight of soda Ash required to prepare 20 seers of Caustic Soda.


সমাধানঃ—$Na_2CO_3 + Ca(OH)_2 = CaCO_3 + 2NaOH$

১০৬ ৮০

৮০ সের কষ্টিক সোডা প্রস্তুতের জন্য ১০৬ সের Na_2CO_3 প্রয়োজন

∴ ২০ ,, ,, ,, ,, ,, $\frac{২০ \times ১০৬}{৮০}$ বা ২৬.৫ সের Na_2CO_3 প্রয়োজন

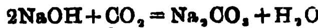
কিন্তু ১০০ সের সোডা অ্যাশে, ৬৮ সের Na_2CO_3 আছে;

∴ ২৬.৫ সের $Na_2CO_3 = \frac{২৬.৫ \times ১০০}{৬৮} =$ ৩৮.৯৭ সের সোডা অ্যাশে আছে;

অতএব; ২০ সের NaOH প্রস্তুতের জন্য—৩৮.৯৭ সের অবিশুদ্ধ সোডা-অ্যাশ ব্যবহার করা প্রয়োজন।

5. What weight of calcium carbonate must be decomposed by HCl to produce a quantity of Carbon dioxide that will suffice for the conversion of 30 grams of Caustic Soda into Sodium carbonate?

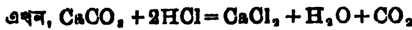
সমাধান ঃ—৩০ গ্রাম NaOH কে, Na_2CO_3-এতে রূপান্তরিত করিতে যে পরিমাণ CO_2 প্রয়োজন, উহা নিম্নলিখিত ভাবে গণনা করা যায়—


$2NaOH + CO_2 = Na_2CO_3 + H_2O$

৮০ ৪৪

অর্থাৎ ৮০ গ্রাম NaOH কে Na_2CO_3 রূপে পরিবর্তিত করিতে হইলে ৪৪ গ্রাম CO_2 প্রয়োজন।

∴ ৩০ গ্রাম NaOH কে, Na_2CO_3 রূপে পরিবর্তিত করিতে হইলে (৪৪×৩০)÷৮০ গ্রাম CO_2 প্রয়োজন।


এখন, $CaCO_3 + 2HCl = CaCl_2 + H_2O + CO_2$

১০০ ৪৪

৪৪ গ্রাম CO_2—১০০ গ্রাম $CaCO_3$ হইতে উৎপন্ন হয়।

∴ $\frac{৪৪ \times ৩০}{৮০}$ গ্রাম $CO_2 = \frac{৪৪ \times ৩০ \times ১০০}{৪৪ \times ৮০}$

= ৩৭.৫ গ্রাম $CaCO_3$ হইতে উৎপন্ন হয়।

অর্থাৎ, নির্ণেয় $CaCO_3$ এর পরিমাণ = ৩৭.৫ গ্রাম।

6. A solution of Nitric acid of specific gravity 1·46 contains 60 per cent HNO_3. What weight of the solution is theoretically required to dissolve 5 grams of Cupric oxide.


সমাধান ঃ—$CuO + 2HNO_3 = Cu(NO_3)_2 + H_2O$.

৭৯.৫ ২×৬৩

৭৯.৫ গ্রাম CuO কে দ্রবীভূত করিতে ২×৬৩ গ্রাম HNO_3 প্রয়োজন

∴ ৫ ,, ,, ,, ,, $\frac{৫ \times ২ \times ৬৩}{৭৯.৫}$

এখন, প্রদত্ত নাইট্রিক এসিডের ১০০ সি. সি'তে ৬০ গ্রাম HNO_3 আছে

∴ $\frac{৫ \times ২ \times ৬৩}{৭৯.৫}$ গ্রাম নাইট্রিক এসিড—প্রদত্ত এসিডের

$\left(\frac{৫ \times ২ \times ৬৩ \times ১০০}{৬০ \times ৭৯.৫}\right)$ সি. সি'র মধ্যে আছে

যেহেতু প্রদত্ত নাইট্রিক এসিডের আপেক্ষিক গুরুত্ব—১'৪৬, অতএব উপরোক্ত আয়তনের এসিডের ওজন

$$\left(\frac{৫ \times ২ \times ৬৩ \times ১০০ \times ১'৪৬}{৬০ \times ৭৯'৫}\right) = ১৯'২৮ \text{ গ্রাম।}$$

7. *Find the weight of Calcium nitrate formed by treating 40 gms. of Calcium oxide with 80 gms. of Nitric acid.*

সমাধান ঃ—(এই প্রকার গণনায়, অর্থাৎ যেখানে একাধিক বিক্রিয়কের ওজন দেওয়া থাকে সেরূপ ক্ষেত্রে গণনা করিতে হইলে—কোন্ বিক্রিয়কটি অপরটির তুলনায় **অল্প পরিমাণে** আছে, তাহা প্রথমতঃ নির্ধারণ করা প্রয়োজন ; কারণ ঐ অল্পমাত্রার বিক্রিয়কটি বিক্রিয়ার দ্বারা পরিবর্তিত হওয়ার সংগে সংগেই, অপর বিক্রিয়কটি **অধিক মাত্রায়** থাকিলেও, বিক্রিয়াটি বন্ধ হইয়া যাইবে এবং উৎপন্ন পদার্থগুলিও **অল্প মাত্রায়** বিক্রিয়কটির পরিমাণের উপরই নির্ভর করিবে। অধিক মাত্রায় বিক্রিয়াটির পরিমাণের উপর নির্ভর করিবে না)।

এস্থলে—$CaO + 2HNO_3 = Ca(NO_3)_2 = H_2O$

৫৬ ১২৬ ১৬৪

অর্থাৎ উপরোক্ত সূত্রানুসারে ৪০ গ্রাম CaO এর বিক্রিয়ার জন্য x গ্রাম HNO_3 প্রয়োজ্য হয়, তবে—

৫৬ : ৪০ : : ১২৬ : x

বা, $x = \frac{১২৬ \times ৪০}{৫৬} = ৯০$ গ্রাম HNO_3

কিন্তু, প্রদত্ত HNO_3 এর পরিমাণ—৮০ গ্রাম। অতএব, নাইট্রিক এসিড বিক্রিয়কটি **কম মাত্রায়** আছে। সুতরাং HNO_3 হইতেই (CaO নহে) গণনা করা প্রয়োজন।

অর্থাৎ বলা যায় যে, ১২৬ গ্রাম HNO_3 হইতে—১৬৪ গ্রাম $Ca(NO_3)_2$ উৎপন্ন হয়

তবে ১২৬ : ৮০ : : ১৬৪ : x

বা, $x = \frac{৮০ \times ১৬৪}{১২৬} = ১০৪'১২$ গ্রাম $Ca(NO_3)_2$

সুতরাং নির্ণেয় $Ca(NO_3)_2$, এর পরিমান—১০৪'১২ গ্রাম।

8. *What weight of pyrolusite containing 30% of MnO_2. must react with HCl to obtain enough Chlorine to completely combine with Hydrogen evolved by dissolving 10 gms. of Mg in dil. HCl ?* [$Mg = 55$]

সমাধান ঃ—এস্থলে তিনটি সূত্র বিবেচ্য

(১) $Mg + 2HCl = H_2 + MgCl_2$

২৪ ২

(২) $MnO_2 + 4HCl = MnCl_2 + 2Cl_2 + 2H_2O$

৮৭ ২×৩৫'৫

(৩) $H_2 + Cl_2 = 2HCl.$

২ ২×৩৫'৫

অর্থাৎ ২৪ গ্রাম $Mg \equiv$ ৮৭ গ্রাম MnO_2

∴ ১০ „ Mg যদি x গ্রাম MnO_2 এর সমতুল্য হয় তবে

২৪ : ১০ : : ৮৭ : x

বা, $x = \frac{১০ \times ৮৭}{২৪}$ = ৩৬·২৫ গ্রাম MnO_2

আবার, প্রদত্ত পাইরোলুসাইটে, MnO_2 এর পরিমাণ = ৮০

সুতরাং ৩৬·২৫ গ্রাম MnO_2 যদি x_1 গ্রাম পাইরোলুসাইটে থাকে, তবে

৮০ : ৩৬·২৫ : : ১০০ : x_1

বা, $x_1 = \frac{৩৬·২৫ \times ১০০}{৮০}$ = ৪৫·৩১২৫ গ্রাম পাইরোলুসাইট

অতএব, নির্ণেয় পাইরোলুসাইটের পরিমাণ = ৪৫·৩১২৫ ।

9. 2·4 gms. of Mg are treated with 14 gms. of HCl. Find the wt. of Hydrogen obtained.

সমাধান ঃ—$Mg + 2HCl = MgCl_2 + H_2$

২৪ ২ × ৩৬·৫ ২

অর্থাৎ, ২৪ গ্রাম Mg, ৭৩ গ্রাম HCl এর সহিত বিক্রিয়া করে।

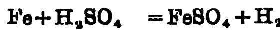
২·৪ „ „ ৭·৩ „

এক্ষেত্রে, এসিড অধিকমাত্রায় আছে—অতএব Mg এর পরিমাণ হইতে গণনা বিধেয়।

∴ ২·৪ গ্রাম Mg হইতে উৎপন্ন হাইড্রোজেনের পরিমাণ = ০·২ গ্রাম

10. Calculate the minimum wt. of Iron required to produce 40 gms. of Hydrogen.

সমাধান ঃ—এস্থলে দুইটি সূত্র সম্ভব হইতে পারে—



$Fe + H_2SO_4 = FeSO_4 + H_2$

৫৬ ২

৪ × ৫৬ ৪ × ২.........(ক)



$3Fe + 4H_2O = Fe_3O_4 + 4H_2$

৩ × ৫৬ ৪ × ২.........(খ)

অর্থাৎ, পূর্বোক্ত সূত্র হইতে জানা যায় যে—৪ × ২ গ্রাম হাইড্রোজেন দুই প্রকারে উৎপন্ন হইতে পারে ; যথা,

(ক) ৪ × ৫৬ গ্রাম Fe কে এসিড দ্বারা বিক্রিয়া করিলে ; অথবা

(খ) ৩ × ৫৬ গ্রাম তীব্র উত্তপ্ত Fe কে স্টীম সহযোগে বিক্রিয়া করিলে।

অতএব, প্রথম সূত্র অপেক্ষা, দ্বিতীয় সূত্রে অল্প পরিমাণ লৌহ লাগে। সুতরাং দ্বিতীয় সূত্রানুযায়ী গণনা করিয়া, যদি প্রয়োজনীয় লৌহের ন্যূনতম মাত্রাকে x ধরা যায়, তবে

৪ × ২ : ৪০ : : ৩ × ৫৬ : x

বা, $x = \frac{৩ \times ৫৬ \times ৪০}{৪ \times ২}$ = ৮৪০ গ্রাম

অতএব, ৪০ গ্রাম হাইড্রোজেন উৎপাদনের জন্য প্রয়োজনীয় লৌহের ন্যূনতম পরিমাণ = ৮৪০ গ্রাম

11. '9031 gm of a mixture of NaCl and KCl is heated with conc. H_2SO_4 and the resulting mixture of sulphates weighs 1'0784 gms. Find the composition of the mixture (Cl = 35'46 and K = 39'1)

সমাধান :—ধরা যাক্, NaCl এর ওজন = x

∴ KCl এর ওজন = ('৯০৩১ − x)



এখন, $2NaCl + H_2SO_4 = Na_2SO_4 + 2HCl$

১১৬'৯২ ১৪২'০৭



$2KCl + H_2SO_4 = K_2SO_4 + 2HCl$

১৪৯'১২ ১৭৪'২৭

∴ x গ্রাম NaCl হইতে উৎপন্ন Na_2SO_4 এর পরিমাণ = $\frac{১৪২'০৭}{১১৬'৯২} \times x$ গ্রাম

এবং, ('৯০৩১ − x) KCl ,, K_2SO_4 এর পরিমাণ = $\frac{১৭৪'২৭('৯০৩১ - x)}{১৪৯'১২}$

কিন্তু প্রদত্ত ফল অনুযায়ী, Na_2SO_4 ও K_2SO_4 এর যুক্ত পরিমাণ = ১'০৭৮৪

$$\frac{১৪২'০৭}{১১৬'৯২} \times x + \frac{১৭৪'২৭('৯০৩১ - x)}{১৪৯'১২} = ১'০৭৮৪$$

বা, x = '৪৯৪ গ্রাম = NaCl এর ওজন

এবং '৯০৩১ − '৪৯৪ = '৪০৯১ গ্রাম = KCl এর ওজন

অতএব, NaCl এর শতকরা মাত্রা = $\frac{১০০ \times '৪৯৪}{'৯০৩১}$ = ৫৪'৭

এবং KCl ,, ,, ,, = $\frac{১০০ \times '৪০৯১}{'৯০৩১}$ = ৪৫'৩

অনুশীলনী—৬

1. How much $KClO_3$ would you take to prepare 5 grams of Oxygen ?
C. U. 1897. [Ans = 12'76 gms.]

2. How much H_2SO_4 is required to decompose 100 gm. of Chalk and how much Calcium sulphate will be produced ? *C. U. 1910.*
[Ans. = 93 gms. and 136 gms.]

3. You are given 1 gm. of the following substances. You are asked to heat them strongly. Explain what would happen and state the alteration in weight in each case :—(a) $KClO_3$, (b) Mg and (c) Chalk. *C. U. 1916*

[Ans.—(a) Wt. diminishes by 39 gm., (b) Mg burns into MgO in air and its wt. increases by 66 gm. ; (c) Wt. decreases by 44 gm.]

4. How much Phosphorus should be burnt to remove the Oxygen from 500 gms of air ? What will be the wt. of the residual gas ? Air Contains 23% of Oxygen by wt. *C. U., 1915.* [Ans. = 89'125 gms. of P and '385 gms. of N]

5. What weight of Copper can be obtained from 100 gms of an one of Copper containing 50 per cent of Cuprous sulphide ? (Cu = 63 5 and S = 32).
All. 1909. [Ans. = 39'937 gms.]

6. H_2S obtained by treating a sample of FeS with dil. H_2SO_4, contained 9% of Hydrogen *by volume*. What percentage of *free Iron* did the FeS contain ?

[Ans. = 5·92%]

7. Calculate the wt. of Iron converted into oxide by the action of 18 gms of steam. *C. U. 1915.* [Ans. = 42 gms.]

8. How much Nitre (KNO_3) will be required to produce sufficient Nitric acid to dissolve 50 gms of Copper ? (*Cu* = *63*) [Ans. = 212·07 gms.]

9. In order to find the strength of a sample of Sulphuric acid, 10 gms. were diluted with water and a piece of marble weighing 7 gms. placed in it. When all action had ceased, the marble was removed, washed, dried and was found to weigh 2·2 gms. What was the percentage strength of the acid ? *All, 1914.* [Ans. = 47·04%]

10. Calculate the weight of the chief product obtained by passing Chlorine into a dilute and cold solution of 2·9 gms. of Caustic soda. *C. U., 1915. All., 1939.*

[Ans. = 2·7 gms. of NaOCl]

11. 30 grams of $KClO_3$ are heated to produce Oxygen. Hydrogen is generated by the action of H_2SO_4 on Zn. What weight of Zinc will be required to generate sufficient Hydrogen to completely combine with the Oxygen obtained from the $KClO_3$? (K = 39. Zn = 65, Cl = 35·5). *C. U., 1884.* [Ans = 47·75 gms]

12. 1 litre of Sea water (Sp. gr. 1·03) contaning 2·64% of common salt is evaporated to dryness. What wt. of H_2SO_4 will be required to convert the NaCl to Na_2SO_4 ? (*Cl* = *35·5*) (Ans. = 2·277 gms.)

13. A solution of Caustic Soda having the Sp. gr. 1·32 contains 28·8 per cent of NaOH. What weight of H_2SO_4 is required to be just sufficient to neutralize 1 litre of such a solution ? (Ans. = 465·69 gms.)

14. A gramme of a substance containing Carbon was heated with Lead oxide and found to form 10 grams of metallic Lead, and evolved CO_2. What percentage of Carbon was present in the substance ? [Ans. = 29 per cent]

15. 1·4 gms. of copper are displaced from a solution of Copper sulphate in water by Iron. Find the weight of Iron sulphate produced. (*Cu* = *63·5*,)

[Ans. = 3 351 gms.]

16. 1·5 grams of a sample of coal containing 85% of C. 5% of H. and 10% of O are completely burnt in a current of dry CO_2 free air and the products passed successively through two weighed U-tubes filled respectively with $CaCl_2$ and soda-lime. Calculate the alterations, if any, in the weights of the tubes,

C. U., 1926. [Ans. = Increase in wts. 0·675. gms. and 4·675. gms,]

17. What weight of H_2SO_4 can theoretically be obtained from 500 tons of pyrites contaning 48 p. c. of Sulphur ? [Ans. = 735 tons]

18. 1·84 grams of a mixture of $CaCO_3$ and $MgCO_3$ is strongly heated till no further loss of wt. takes place. The residue weighs 96 gms. Find the percentage composition of the mixture. *All., 1939 ; Mad., 1911.*

[Ans. $MgCO_3$ = 45·65% and $CaCO_3$ = 54·35%]

19. Required the weight of Manganese dioxide containing 60 p. c. of MnO_2 to liberate all the Iodine from 100 gms, of KI, (*K* = *39*, *Mn* = *55*) [Ans. = 43·675 gms.]

20. How much crystallized microcosmic salt must be ignited to furnish a gram of Sodium metaphosphate ? [Ans. = 2·049 gms.]

21. How much $KClO_3$ must be heated to yield as much Oxygen as would be obtained from 500 grams of HgO ? ($K = 39$) [Ans. = 94·52 gms)

22. If 1·04 gms. of Sillicon fluoride were entirely decomposed by water in a platinum vessel, and the *precipitate* formed was collected and ignited, what would be its wt. ? ($Si = 28$) (Hint :—$3SiF_4 + 3H_2O = 2H_2SiF_6 + H_2SiO_3$.)

B. Sc. Manc. [Ans. = ·2 gms.]

23. A quantity of a mixture of KI and NaCl transformed into the normal sulphate (*anhydrous*) is found to weigh the *same* as the original salts. Find the composition of the mixture. [Ans. KI = 30·98, NaCl = 69·02]

24. 0·7216 gm. of a sample of chalk contaminated with clay lost on ignition ·2686 gm. Calculate the percentage of clay in the sample.

25. A mixture of Cu_2O and CuO contains 80 per cent of Cu. Find the composition of the mixture, given the At. of Cu to be 63.

26. In a salt-cake works 85 tons of salt-cake are produced per week. What weight of common salt and H_2SO_4 must be used weekly ?

[Ans. = 67 tons ; 53·6 tons]

27. How much water should be added to 100 c.c. of H_2SO_4 of Sp. gr. 1·84, in order to convert into an acid of Sp. gr, 1·5 ? [Ans. = 68 c. c.]

28. In estimating the percentage of Sulphate redical (SO_4) in Potassium sulphate by precipitation with $BaCl_2$ sol. a student's result was found to be 4% low. He used 0·5 gm. of Potassium sulphate. What did he find to be the weight of $BaSO_4$? [Ans. = ·643 gm.]

29. Calculate the weight of CaO reqd. to *soften* 1,000,000 gallons of water contaning 10 grains of Calcium carbonate (dissolved as bicarbonate) per gallon.

[Ans = 800 lbs.]

30. 0·6 gm. of a sample of NaCl when treated with $AgNO_3$ sol. gave 1·37 gms. of AgCl. Calculate the percentage of purity of the sample of NaCl. [Ans. = 93·1%]

31. A sample of Zinc blende. on roasting and leaching, yields 2·3 tons of white vitriol, the roasting operation converting 95% of Zinc sulphide to Zinc sulphate. Whate is the percentage of purity of the Ore ? [Ans. = 82%]

32. What is the annual profit of a H_2SO_4 Factory of a daily output of 20 mds., when the price of pure Sulphur is Rs. 7/-per md. and the acid produced sells at-/4/-per lb. ? The other expenses of the Factory are :—Establishment charges Rs. 5,000/-per mensem, Interest on the outlay Rs. 4,000/-per annum, and depreciation, etc. Rs. 10,000/-per annum. *Punj., 1923,*

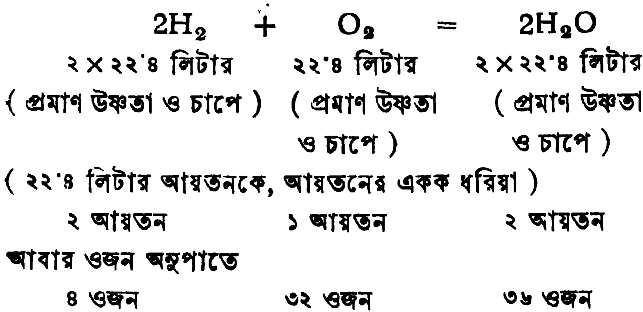
সপ্তম অধ্যায়

ওজন ও আয়তন সংক্রান্ত গণনাবলী

(Calculation involving weight and volume)

আয়তন-মাত্রিক ও ভার-মাত্রিক সম্বন্ধ (Volumetric and Gravimetric relation) :

হাইড্রোজেন ও অক্সিজেন সংযুক্ত হইয়া যখন স্টীম উৎপাদন করে, তখন প্রকৃত পরীক্ষাফলে দেখা যায় যে, প্রমাণ উষ্ণতা ও চাপে—২ × ২২.৪ লিটার হাইড্রোজেন ২২.৪ লিটার অক্সিজেনের সহিত যুক্ত হইয়া, ২ × ২২.৪ লিটার স্টীম উৎপাদন করে। এই পরীক্ষাফলকে নিম্ন সূত্রে প্রকাশ করা যায়—



$2H_2$	+ O_2	= $2H_2O$
২ × ২২.৪ লিটার	২২.৪ লিটার	২ × ২২.৪ লিটার
(প্রমাণ উষ্ণতা ও চাপে)	(প্রমাণ উষ্ণতা ও চাপে)	(প্রমাণ উষ্ণতা ও চাপে)

(২২.৪ লিটার আয়তনকে, আয়তনের একক ধরিয়া)

২ আয়তন	১ আয়তন	২ আয়তন

আবার ওজন অনুপাতে

৪ ওজন	৩২ ওজন	৩৬ ওজন

অতএব পূর্বোক্ত সূত্র হইতে জানা যায় যে,

(১) ২ আয়তন হাইড্রোজেন, ১ আয়তন অক্সিজেনের সহিত সংযুক্ত হইয়া, প্রমাণ উষ্ণতা ও চাপে, ২ আয়তন স্টীম উৎপাদন করে।

.............(আয়তন মাত্রিক সম্বন্ধ)

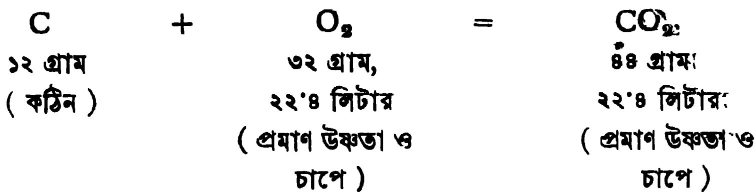
(২) ওজন অনুপাতে ৪ ভাগ ওজনের হাইড্রোজেন, ৩২ ভাগ ওজনের অক্সিজেনের সহিত সংযুক্ত হইয়া, ৩৬ ভাগ ওজনের স্টীম বা জল উৎপাদন করে।

.........(ভার মাত্রিক সম্বন্ধ)

(৩) প্রমাণ উষ্ণতা ও চাপে, ২ × ২২.৪ লিটার হাইড্রোজেন, ২২.৪ লিটার অক্সিজেনের সহিত সংযুক্ত হইয়া ৩৬ গ্রাম স্টীম বা জল উৎপাদন করে।

.........(আয়তন ও ভার মাত্রিক যুক্ত সম্বন্ধ)

অনুরূপভাবে,



C	+	O_2	=	CO_2
১২ গ্রাম		৩২ গ্রাম,		৪৪ গ্রাম
(কঠিন)		২২·৪ লিটার		২২·৪ লিটার
		(প্রমাণ উষ্ণতা ও চাপে)		(প্রমাণ উষ্ণতা ও চাপে)

অর্থাৎ, পূর্বোক্ত সূত্র হইতে জানা যায় যে, ১২ গ্রাম কার্বন, ৩২ গ্রাম অক্সিজেনের সহিত যুক্ত হইয়া, ৪৪ গ্রাম CO_2 উৎপন্ন করে; এবং ১২ গ্রাম কার্বন, প্রমাণ উষ্ণতা ও চাপে ২২·৪ লিটার অক্সিজেনের সহিত সংযুক্ত হইয়া, প্রমাণ উষ্ণতা ও চাপে ২২·৪ লিটার CO_2 উৎপন্ন করে।

নির্ধারণ প্রণালী :

উপরোক্ত আলোচনা অনুযায়ী কোন সূত্র হইতে, আয়তন ও ভারের সম্পর্ক নির্ধারণের ক্ষেত্রে নিম্নোক্ত প্রণালীগুলি অনুসরণ করা হয়—

(১) বিক্রিয়ার নির্দেশক রাসায়নিক সূত্রটি শুদ্ধভাবে লিখিত হয়;

(২) বিক্রিয়ক ও উৎপন্ন পদার্থগুলির ওজন যথাক্রমে লিখিত হয়;

(৩) উৎপন্ন পদার্থগুলির কোনটি গ্যাসীয় হইলে, উহার আয়তন লিটার অনুপাতে নির্ধারণ করিয়া লিখিত হয়।

আয়তন গণনার ক্ষেত্রে নিম্নোক্ত নিয়মগুলি অবশ্য স্মরণীয় :—

(১) রাসায়নিক সূত্রে নির্দিষ্ট আয়তনগুলি সর্বদাই প্রমাণ-উষ্ণতা ও চাপের আয়তন।

(২) গ্যাস মাত্রেরই আণবিক ভার গ্রামে প্রকাশ করিলে, উহা প্রমাণ উষ্ণতা ও চাপে ২২·৪ লিটার আয়তন অধিকার করে।

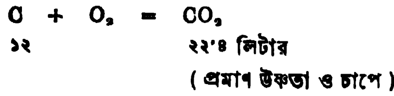
(৩) গ্রাম আণবিক ভারের সহিত আয়তনের সম্বন্ধ, যাহা পূর্বে আলোচিত হইল, তাহা কেবলমাত্র গ্যাসের ক্ষেত্রেই সত্য; কঠিন বা তরল পদার্থের ক্ষেত্রে নয়।

(৪) প্রমাণ উষ্ণতা ও চাপে ১ লিটার হাইড্রোজেন গ্যাসের ওজন ·০৯ গ্রাম।

(৫) কোন গ্যাসের ঘনত্ব=গ্যাসটির আণবিক ভারের অর্ধেক।

দ্রষ্টব্য :—পূর্ব আলোচনায়, ২২·৪ লিটার গ্যাসকে—**সরলভাবে গণনা করার জন্যই ১ আয়তন ধরা হইয়াছে**; এইরূপ অনুমান, কেবলমাত্র দুই বা ততোধিক গ্যাসের আয়তনের **তুলনামূলক ক্ষেত্রেই প্রযোজ্য**; অন্য অন্য ক্ষেত্রে নহে। উদাহরণস্বরূপ, কোনো বিশেষ বিক্রিয়ক বা উৎপন্ন গ্যাসের আয়তন নির্ধারণের ক্ষেত্রে, উহার **প্রকৃত-আয়তন**, লিটার বা সি. সি'তে নির্ণয়

করা উচিত। যথা, প্রমাণ উষ্ণতা ও চাপে ১২ গ্রাম কার্বনের বায়ুতে দহনের ফলে উৎপন্ন CO_2 এর পরিমাণ নিম্নরূপে গণনীয়



$C + O_2 = CO_2$

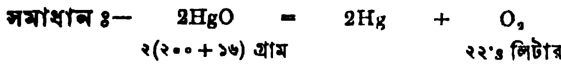
১২ ২২'৪ লিটার

(প্রমাণ উষ্ণতা ও চাপে)

অর্থাৎ ১২ গ্রাম কার্বন হইতে কার্বন ডায়কসাইডের পরিমাণ, প্রমাণ উষ্ণতা ও চাপে ২২'৪ লিটার (১ আয়তন নয়)।

গাণিতিক উদাহরণ

1. What volume of Oxygen collected at Standard temp. and pressure is given off on heating 1 gram of Mercuric oxide ?



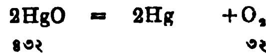
সমাধান ঃ— $2HgO = 2Hg + O_2$

২(২০০+১৬) গ্রাম ২২'৪ লিটার

প্রমাণ-উষ্ণতা ও চাপে, ৪৩২ গ্রাম মার্কিউরিক অক্সাইড হইতে ২২'৪ লিটার অক্সিজেন উৎপন্ন হয়।

∴ ১ গ্রাম মার্কিউরিক অক্সাইড হইতে $\frac{১ \times ২২'৪}{৪৩২}$ = '০৫১৮ লিটার অক্সিজেন (প্রমাণ-উষ্ণতা ও চাপে) উৎপন্ন হয়।

বিকল্প সমাধান ঃ—



$2HgO = 2Hg + O_2$

৪৩২ ৩২

অর্থাৎ ৪৩২ গ্রাম মার্কিউরিক অক্সাইড, ৩২ গ্রাম অক্সিজেন উৎপন্ন করে।

$\frac{৩২ \times ১}{৪৩২}$ = '০৭৪ গ্রাম অক্সিজেন উৎপাদন করে।

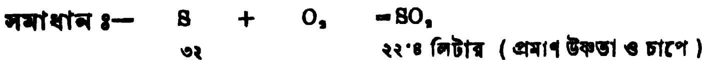
এখন, প্রমাণ ও উষ্ণতা ও চাপে ৩২ গ্রাম অক্সিজেনের আয়তন = ২২'৪ লিটার

∴ ,, ,, ,, '০৭৪ ,, ,, ,, যদি x হয়, তবে

৩২ : '০৭৪ :: ২২ ৪ : x

বা, $x = \frac{'০৭৪ \times ২২'৪}{৩২}$ = '০৫১৮ লিটার (প্রমাণ উষ্ণতা ও চাপে)

2. What weight of Sulphur must be burnt in air so as to yield 10 litres of Sulphur dioxide at standard temperature and pressure ?



সমাধান ঃ— $S + O_2 = SO_2$

৩২ ২২'৪ লিটার (প্রমাণ উষ্ণতা ও চাপে)

অর্থাৎ, ৩২ গ্রাম সালফার দহন করিলে, প্রমাণ উষ্ণতা ও চাপে ২২'৪ লিটার SO_2 উৎপন্ন হয়।

∴ প্রমাণ-উষ্ণতা ও চাপে, ১০ লিটার SO_2 যদি x গ্রাম সালফার হইতে উৎপন্ন হয়, তবে

২২'৪ : ১০ :: ৩২ : x

বা, x = (১০ × ৩২) ÷ ২২'৪ = ১৪'২৮ গ্রাম সালফার

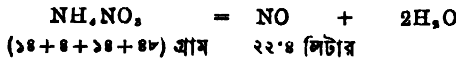
3. 2'5 litres of Nitric oxide have been collected at 39°C and 741 mm. pressure. What weight of Ammonium nitrate must have been decomposed for the purpose ?

সমাধান ঃ—ধরা যাক্ ২'৫ লিটার নাইট্রিক অক্সাইডের, প্রমাণ উষ্ণতা ও চাপে আয়তন = V লিটার।

$$\therefore \quad \frac{২'৫ \times ৭৪১}{৩৯+২৭৩} = \frac{V \times ৭৬০}{২৭৩}$$

$$বা, \quad V = \frac{২'৫ \times ৭৪১ \times ২৭৩}{৭৬০ \times ৩১২} \text{ লিটার}$$

এখন, সূত্র হইতে—



$$NH_4NO_3 \quad = \quad NO \quad + \quad 2H_2O$$

(১৪+৪+১৪+৪৮) গ্রাম   ২২'৪ লিটার

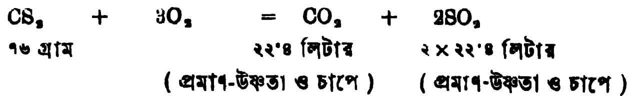
অর্থাৎ ২২'৪ লিটার নাইট্রিক অক্সাইড, ৮০ গ্রাম অ্যামোনিয়ম নাইট্রেট হইতে উৎপন্ন হয়।

∴ V লিটার নাইট্রিক অক্সাইড যে পরিমাণ অ্যামোনিয়ম নাইট্রেট হইতে উৎপন্ন হইবে—উহার পরিমাণ

$$\left(\frac{২'৫ \times ৭৪১ \times ২৭৩}{৭৬০ \times ৩১২}\right) \times \frac{৮০}{২২'৪} = ৭'৬১৭ \text{ গ্রাম অ্যামোনিয়ম নাইট্রেট।}$$

4. 100 c.c. of liquid Carbon disulphide (sp. gr. 2'6) are burnt in Oxygen. Find the volume of the resulting gases at N. T. P.

সমাধান ঃ—যেহেতু CS_2 এর আপেক্ষিক গুরুত্ব ২'৬, অতএব ১০০ সি. সি. CS_2 এর ওজন—১০০ × ২'৬ = ২৬০ গ্রাম



$$CS_2 \quad + \quad 3O_2 \quad = \quad CO_2 \quad + \quad 2SO_2$$

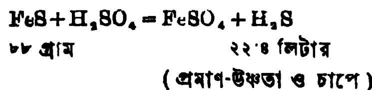
৭৬ গ্রাম   ২২'৪ লিটার   ২ × ২২'৪ লিটার

(প্রমাণ-উষ্ণতা ও চাপে)   (প্রমাণ-উষ্ণতা ও চাপে)

অর্থাৎ, ৭৬ গ্রাম CS_2 হইতে—(২২'৪ + ২ × ২২'৪) = ৬৭'২ লিটার ($CO_2 + SO_2$) (প্রমাণ-উষ্ণতা ও চাপে) উৎপন্ন হয়

$$\therefore \quad ২৬০ \text{ গ্রাম } CS_2 = \frac{২৬০ \times ৬৭'২}{৭৬} = ২২৯'৮৯ \text{ লিটার } (CO_2 \text{ ও } SO_2) \text{ উৎপন্ন করিবে।}$$

5. What volume of SO_2 would you get at $15^{\circ}C$ and 740 mm. press. by burning H_2S obtained from 11 gms. of FeS.



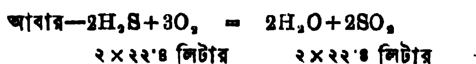
$$FeS + H_2SO_4 = FeSO_4 + H_2S$$

৮৮ গ্রাম   ২২'৪ লিটার

(প্রমাণ-উষ্ণতা ও চাপে)

অর্থাৎ, প্রমাণ-উষ্ণতা ও চাপে ৮৮ গ্রাম FeS হইতে ২২'৪ লিটার H_2S উৎপন্ন হইবে। বা,

$$১১ \text{ গ্রাম FeS হইতে } \frac{১১ \times ২২'৪}{৮৮} \text{ লিটার } H_2S \text{ উৎপন্ন হয়}$$



$$আবার—2H_2S + 3O_2 \quad = \quad 2H_2O + 2SO_2$$

২ × ২২'৪ লিটার   ২ × ২২'৪ লিটার

∴ অর্থাৎ, পূর্বোক্ত সূত্র হইতে জানা যায় যে, H_2S এর বায়ুতে দহনের ফলে সমপরিমাণ SO_2 (প্রমাণ-উষ্ণতা ও চাপে) উৎপন্ন হয়।

$$\therefore \text{ প্রমাণ ও উষ্ণতা চাপে } \frac{১১ \times ২২'৪}{৮৮} \text{ লিটার } H_2S \text{ হইতে}$$

$$\frac{১১ \times ২২'৪}{৮৮} \text{ লিটার বা ২'৮ লিটার } SO_2 \text{ (প্রমাণ-উষ্ণতা ও চাপে) উৎপন্ন হইবে।}$$

এখন ধরা যাক—প্রমাণ- ও চাপে ২·৮ লিটার SO_2এর ১৫° সে. ও ৭৪০ মি. মি. চাপে আয়তন = V লিটার

$$\frac{২·৮ \times ৭৬০}{২৭৩} = \frac{V \times ৭৪০}{২৭৩}$$

বা, $V = \frac{২·৮ \times ৭৬০ \times ২৮৮}{৭৪০ \times ২৭৩} =$ । লিটার

∴ নির্ণেয় SO_2এর আয়তন = ৩·৩০৩ লিটার।

6. Air contains 23 per cent of its weight of Oxygen. How many grams of Sulphur will be required to burn out the Oxygen in 100 litres of air at 30°C and 755 mm. pressure?

সমাধান ঃ—ধরা যাক্ ৩০° সে ও ৭৫৫ মি. মি. চাপে ১০০ লিটার বায়ুর—প্রমাণ উষ্ণতা ও চাপে পরিবর্তিত আয়তন V লিটার।

$$\therefore \frac{১০০ \times ৭৫৫}{৩০ + ২৭৩} = \frac{V \times ৭৬০}{২৭৩}$$

বা, $V = \frac{২৭৩ \times ১০০ \times ৭৫৫}{৭৬০ \times ৩০৩} =$ ৮৯·৫ লিটার

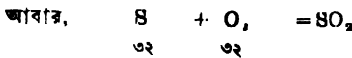
প্রমাণ-উষ্ণতা ও চাপে উপরোক্ত আয়তনের বায়ুর ওজন

= ৮৯·৫ × ঘনত্ব × ·০৯ গ্রাম = ৮৯·৫ × ১৪·৪ × ·০৯ গ্রাম

= ১১৬ গ্রাম

এখন প্রতি ১০০ গ্রাম বায়ুতে ২৩ গ্রাম অক্সিজেন থাকে

∴ ১১৬ গ্রাম বায়ুতে—২৩ × ১১৬ ÷ ১০০ = ২৬·৬৮ গ্রাম অক্সিজেন থাকে।



আবার, $S + O_2 = SO_2$

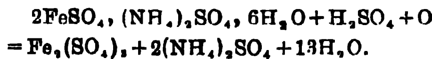
৩২ ৩২

অর্থাৎ ৩২ গ্রাম অক্সিজেনের সম্পূর্ণ সংযোগের জন্য ৩২ গ্রাম গন্ধক প্রয়োজন।

∴ ২৬·৬৮ ,, ,, ,, ,, ,, ২৬·৬৮ ,, ,, ,,

7. How many c.c. of HNO_3 (D = 1·35, strength = 50% by wt.) are required to oxidise 10 gms. of Ferrous Ammonium Sulphate (assuming HNO_3 to decompose thus : $2HNO_3 = H_2O + 2NO + 3O$) ? (All, 1919)

সমাধান ঃ—ফেরাস-অ্যামোনিয়ম সালফেটের জারণ সূত্র



$$2FeSO_4, (NH_4)_2SO_4, 6H_2O + H_2SO_4 + O$$
$$= Fe_2(SO_4)_3 + 2(NH_4)_2SO_4 + 13H_2O.$$

উপরোক্ত সূত্র হইতে দেখা যায় যে, ২টি ফেরাস অ্যামোনিয়ম সালফেটের অণুকে জারিত করিতে—১টি অক্সিজেন পরমাণু লাগে।

কিন্তু $2HNO_3$ এর বিয়োজনে—৩টি অক্সিজেন পরমাণু প্রাপ্তব্য

∴ ৩টি অক্সিজেন পরমাণু, ৬টি ফেরাস অ্যামোনিয়ম সালফেটের অণুকে জারিত করিবে। অতএব,—

৬ × ৩৯২ গ্রাম ফেরাস অ্যামোনিয়ম সালফেট—২ × ৬৩ গ্রাম HNO_3 দ্বারা জারিত হইবে।

(∵ ফেরাস অ্যামোনিয়ম সালফেটের আণবিক ভার = ৩৯২ ও HNO_3 এর আণবিক ভার = ৬৩)

অতএব—১০ গ্রাম ফেরাস অ্যামোনিয়ম সালফেটকে জারিত করিতে যদি x গ্রাম HNO_3 প্রয়োজন হয়,

তবে, ৬ × ৩৯২ : ১০ : : ২ × ৬৩ : x

বা $x = \frac{১০ \times ২ \times ৬৩}{৬ \times ৩৯২}$

আবার, ১০০ গ্রাম প্রদত্ত HNO_3 এসিডে, ৫৬ গ্রাম HNO_3 থাকে

∴ $\frac{১০ \times ১০ \times ২ \times ৬৩}{৬ \times ৩৯২}$ গ্রাম HNO_3 এসিড—প্রদত্ত এসিডের যে পরিমাণে থাকে, উহা

$= \frac{১০০ \times ১০ \times ২ \times ৬৩}{৬ \times ৩৯২ \times ৫৬}$ গ্রাম

উপরোক্ত পরিমাণ HNO_3 এর আয়তন (ওজন = আয়তন × ঘনত্ব)

$\frac{১০০ \times ১০ \times ২ \times ৬৩}{৬ \times ৩৯২ \times ৫৬ \times ১\text{'}৩৫} = \text{'}৭০৮৬$ সি. সি.

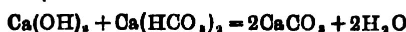
অতএব নির্ণেয় এসিডের আয়তন = ৭০৮৬ সি. সি.

8. *Calculate the wt. of CaO required to neutralize the hardness of 1000,000 gallons of water containing 16·2 gms. of* $Ca(HCO_3)_2$ *per gallon.*

সমাধান ঃ—১,০০০,০০০ গ্যালন জলে $Ca(HCO_3)_2$ এর পরিমাণ

= ১৬,২০০,০০০ গ্রাম

কঠিন জলের মৃদুকরণের সূত্র—



$$Ca(OH)_2 + Ca(HCO_3)_2 = 2CaCO_3 + 2H_2O$$

১৬২ গ্রাম $Ca(HCO_3)_2$—৫৬ গ্রাম CaO এর সহিত বিক্রিয়া করে

১৬,২০০,০০০ ,, $\frac{৫৬ \times ১৬,২০০,০০০}{১৬২}$ গ্রাম ,, ,,

= ৫,৬০০,০০ গ্রাম CaO.

9. *Assuming that air contains 23 per cent by weight of Oxygen, find out the volume of air at 27°C and 750 mm. pressure that would be required for the complete combustion of one Kilogramme of Coal containing 90 per cent of Carbon and 5 per cent of Hydrogen,*

সমাধান ঃ— ১ কিলোগ্রাম = ১০০০ গ্রাম

∴ প্রশ্নানুযায়ী ১০০০ গ্রাম কয়লার মধ্যে—৯০০ গ্রাম কার্বন ও ৫০ গ্রাম হাইড্রোজেন আছে।



$$C + O_2 = CO_2$$

১২ ৩২



$$2H_2 + O_2 = 2H_2O$$

৪ + ৩২

১২ গ্রাম কার্বনের সম্পূর্ণ দহনের জন্য, ৩২ গ্রাম অক্সিজেন প্রয়োজন ।

∴ ৯০০ ,, ,, ,, ,, ,, $\frac{৩২ \times ৯০০}{১২}$,, ,,

এবং ৪ গ্রাম হাইড্রোজেনের ,, ,, ৩২

∴ ৫০ ,, ,, ,, ,, $\frac{৩২ \times ৫০}{৪}$,, ,,

∴ প্রয়োজনীয় অক্সিজেনের সমগ্র ওজন

$$\left(\frac{৩২ \times ৯০০}{১২} + \frac{৩২ \times ৫০}{৪}\right) = ২৮০০ \text{ গ্রাম}$$

কিন্তু, ১০০ গ্রাম বায়ুতে—২৩ গ্রাম অক্সিজেন থাকে

∴ ২৮০০ গ্রাম অক্সিজেন = $\frac{১০০ \times ২৮০০}{২৩}$ গ্রাম বায়ুতে থাকিবে।

আবার বায়ুর ঘনত্ব=১৪·৪। ∴ প্রমাণ উষ্ণতা ও চাপে ১ লিটার বায়ুর ওজন=১৪·৪×·০৯ গ্রাম=১·২৯৬ গ্রাম।

অর্থাৎ, প্রমাণ উষ্ণতা ও চাপে—১·২৯৬ গ্রাম বায়ু, ১ লিটার আয়তন অধিকার করে

$$\frac{১০০ \times ২৮০০}{২৩} \text{ গ্রাম বায়ু} = \frac{১০০ \times ২৮০০}{২৩ \times ১·২৯৬} \text{ লিটার আয়তন অধিকার করে}$$

$$= ৯৩৯৩·৪৫ \text{ লিটার।}$$

ধরা যাক, প্রমাণ- ও চাপে ৯৩৯৩·৪৫ লিটার বায়ুর—২৭° সে ও ৭৫০ মি. মি. চাপে আয়তন=V

$$\frac{৯৩৯৩·৪৫ \times ৭৬০}{২৭৩} = \frac{V \times ৭৫০}{২৭+২৭৩}$$

$$\text{বা, } V = \frac{৯৩৯৩·৪৫ \times ৭৬০ \times ৩০০}{৭৫০ \times ২৭৩} = ১০৪৬০·১$$

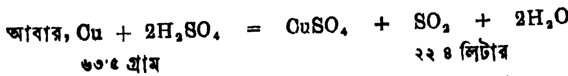
অতএব বায়ুর নির্ণেয় আয়তন=১০৪৬০·১ লিটার।

10. What weight of Copper must be dissolved in Sulphuric acid to give 5 litres of Sulphur dioxide at 27°C and 750 mm.? What volume of H_2S at N. T. P. will be required to precipitate the Copper in the solution?

সমাধান :—ধরা যাক, ২৭° সে ও ৭৫০ মি. মি. চাপে—৫ লিটার SO_2 এর প্রমাণ উষ্ণতা ও চাপে আয়তন=V লিটার।

$$\therefore \frac{৫ \times ৭৫০}{২৭৩+২৭} = \frac{V \times ৭৬০}{২৭৩}$$

$$\text{বা, } V = \frac{৫ \times ৭৫০ \times ২৭৩}{৭৬০ \times ৩০০} = ৪·৪৯ \text{ লিটার}$$



আবার, $Cu + 2H_2SO_4 = CuSO_4 + SO_2 + 2H_2O$

৬৩·৫ গ্রাম (Cu) ; ২২·৪ লিটার (SO_2)

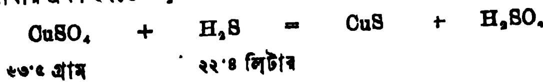
অর্থাৎ ৬৩·৫ গ্রাম কপার হইতে প্রমাণ উষ্ণতা ও চাপে ২২·৪ লিটার SO_2 উৎপন্ন হয়।

∴ ৪·৪৯ লিটার SO_2, যদি x গ্রাম কপার হইতে উৎপন্ন হয়, তবে

২২·৪ : ৪·৪৯ :: ৬৩·৫ : x

$$\text{বা, } x = \frac{৪·৪৯ \times ৬৩·৫}{২২·৪} = ১২·৭২৮$$

আবার দ্রবণ হইতে H_2S দ্বারা কপারের অধঃক্ষেপণের সূত্র



$CuSO_4 + H_2S = CuS + H_2SO_4$

৬৩·৫ গ্রাম ($CuSO_4$) ; ২২·৪ লিটার (H_2S)

অর্থাৎ, প্রমাণ উষ্ণতা ও চাপে ২২·৪ লিটার H_2S, ৬৩·৫ গ্রাম কপারকে $CuSO_4$ দ্রবণ হইতে, CuS রূপে অধঃক্ষেপ করে

$$\therefore ১২·৭২৮ \text{ গ্রাম কপার} — \frac{১২·৭২৮ \times ২২·৪}{৬৩·৫} = ৪·৪৮৯ \text{ লিটার } H_2S \text{ (প্রমাণ উষ্ণতা ও চাপে),}$$

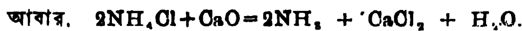
11. How many grams of Ammonium chloride would be required to prepare a cubic metre of Ammonia at 15°C and 750 mm. presure ?

সমাধান ঃ—১ কিউবিক মিটার = ১০০০ লিটার

ধরা যাক্ ১৫° সে ও ৭৫০ মি. মি. চাপে—১০০০ লিটার অ্যামোনিয়ার, প্রমাণ উষ্ণতা ও চাপে আয়তন = V লিটার।

$$\therefore \frac{১০০০ \times ৭৫০}{১৫+২৭৩} = \frac{V \times ৭৬০}{২৭৩}$$

বা, $V = \frac{১০০০ \times ৭৫০ \times ২৭৩}{৭৬০ \times ২৮৮} = ৯৩৫.৪$ লিটার



আবার, $2NH_4Cl + CaO = 2NH_3 + CaCl_2 + H_2O$.

২ × ৫৩.৫ গ্রাম   ২ × ২২.৪ লিটার

অর্থাৎ ২ × ৫৩.৫ গ্রাম অ্যামোনিয়ম ক্লোরাইড হইতে প্রমাণ উষ্ণতা ও চাপে, ২ × ২২.৪ লিটার অ্যামোনিয়া উৎপন্ন হয়।

অতএব, ৯৩৫.৪ লিটার অ্যামোনিয়া $= \frac{৯৩৫.৪ \times ৫৩.৫}{২২.৪} = ২২৩৪.১$ গ্রাম NH_4Cl হইতে উৎপন্ন হইবে।

12. What volume of CO_2 at N. T. P. will be obtained by the action of 10 litres of HCl (sp. gr. 1.16) containing 30 per cent of the acid by weight on 50 Kilograms of Na_2CO_3 ?

সমাধান :—HCl এর আপেক্ষিক গুরুত্ব = ১.১৬

∴ ১ সি. সি. HCl এর ওজন = ১.১৬

সুতরাং ১০ লিটার ,, ,, ,, = ১০ × ১০০০ × ১.১৬ = ১১৬০০ গ্রাম

এখন ১০০ গ্রাম HCl দ্রবণে—৩০ গ্রাম HCl (গ্যাস) আছে—

$\therefore$ ১১৬০০ ,, ,, ,, $\frac{১১৬০০ \times ৩০}{১০০}$,, ,, ,,

$= ৩৪৮০$,, ,, ,,



$Na_2CO_3 + 2HCl = 2NaCl + H_2O + CO_2$

১০৬ গ্রাম   ৭৩ গ্রাম   ২২.৪ লিটার

১০৬ গ্রাম Na_2CO_3 এর সহিত ৭৩ গ্রাম HCl বিক্রিয়া করে

$\therefore$ ৩৪৮০ ,, HCl—$\frac{৩৪৮০ \times ১০৬}{৭৩} = ৫০৫৩.১$ গ্রাম Na_2CO_3 এর সহিত বিক্রিয়া করে।

$= ৫.০৫৩১$ কিলোগ্রাম ,, ,, ,, ,, ,,

কিন্তু প্রশ্নানুযায়ী, গৃহীত Na_2CO_3 এর পরিমাণ ৫০ কিলোগ্রাম

অতএব, Na_2CO_3 এর অংশমাত্র সমগ্র HCl এর সহিত বিক্রিয়া করিয়া CO_2 উৎপন্ন করিবে। সুতরাং উৎপন্ন CO_2 এর পরিমাণ, HCl এর ওজন (Na_2CO_3 এর ওজন নহে) হইতে নির্ণয় করাই বিধেয়।

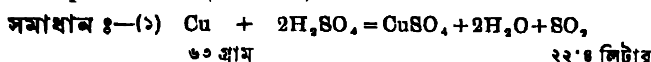
এখন, ৭৩ গ্রাম HCl—Na_2CO_3 এর সহিত বিক্রিয়া করিয়া ২২.৪ লিটার, CO_2 (প্রমাণ উষ্ণতা ও চাপে) উৎপন্ন করে।

$\therefore$ ৩৪৮০ গ্রাম HCl—Na_2CO_3 এর সহিত বিক্রিয়া করিয়া,

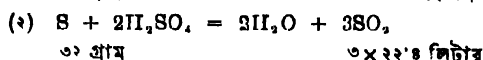
$\frac{৩৪৮০ \times ২২.৪}{৭৩} = ১০৬৭.৮$ লিটার CO_2 (প্রমাণ-উষ্ণতা ও চাপে) উৎপন্ন করে।

(13) 10 gms. of copper and Sulphur are separately heated with excess of strong Sulphuric acid. Compare the volumes of Sulphur dioxide produced. (Cu=63)

সমাধান :—



(১) $Cu + 2H_2SO_4 = CuSO_4 + 2H_2O + SO_2$
৬৩ গ্রাম ২২'৪ লিটার



(২) $S + 2H_2SO_4 = 2H_2O + 3SO_2$
৩২ গ্রাম ৩×২২'৪ লিটার

৬৩ গ্রাম কপার : প্রমাণ উষ্ণতা ও চাপে ২২'৪ লিটার SO_2 উৎপন্ন করে।

∴ ১০ ,, ,, ,, ,, ,, $\frac{১০\times২২'৪}{৬৩}$,, ,, ,,

আবার ৩২ গ্রাম সালফার ,, ,, ,, ৩×২২'৪ ,, ,, ,,

∴ ১০ ,, ,, ,, ,, ,, $\frac{১০\times৩\times২২'৪}{৩২}$,, ,,

বা, $\frac{\text{১০ গ্রাম Cu হইতে উৎপন্ন } SO_2 \text{ এর পরিমাণ}}{\text{১০ গ্রাম S হইতে উৎপন্ন } SO_2 \text{ এর পরিমাণ}}$

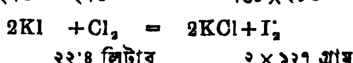
$= \frac{১০\times২২'৪}{৬৩} \div \frac{১০\times৩\times২২'৪}{৩২}$

$= \frac{১০\times২২'৪\times৩২}{১০\times৩\times২২'৪\times৬৩} = ৩২ : ১৮৯$

14. What weight of Iodine is liberated from excess of Potassium iodide by the action of 1 litre of Chlorine measured at 10°C and 750 mm. ?

সমাধান :—ধরা যাক্‌, ১০° সে ও ৭৫০ মি. মি. চাপে ১ লিটার ক্লোরিণের—প্রমাণ উষ্ণতা ও চাপে আয়তন V লিটার।

$\frac{৭৫০}{১০+২৭৩} = \frac{V\times৭৬০}{২৭৩}$ বা, $V = \frac{৭৫০\times২৭৩}{৭৬০\times২৮৩} = '৯৫$ লিটার



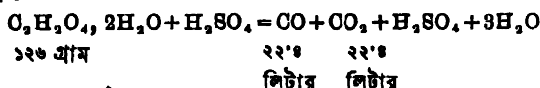
$2KI + Cl_2 = 2KCl + I_2$
২২'৪ লিটার ২×১২৭ গ্রাম

প্রমাণ উষ্ণতা ও চাপে ২২'৪ লিটার ক্লোরিণ—২×১২৭ গ্রাম আয়োডিন উৎপন্ন করে।

∴ প্রমাণ উষ্ণতা ও চাপে '৯৫ লিটার ক্লোরিণ—$\frac{'৯৫\times২\times১২৭}{২২'৪} = ১০'৭৭$ গ্রাম আয়োডিন উৎপন্ন করে।

15. What weight of Crystallized Oxalic acid ($C_2H_2O_4$, $2H_2O$) heated with excess of Sulphuric acid will yield 5 litres of a mixture of gases at N. T. P.? How much Carbon will be required to make the volume of the mixture 7'5 litres at N. T. P.?

সমাধান :



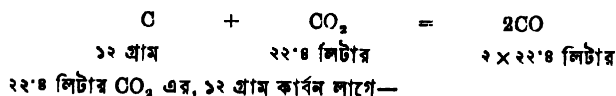
$C_2H_2O_4, 2H_2O + H_2SO_4 = CO + CO_2 + H_2SO_4 + 3H_2O$
১২৬ গ্রাম ২২'৪ লিটার ২২'৪ লিটার

প্রমাণ উষ্ণতা ও চাপে, ১২৬ গ্রাম কেলাসিত অক্সালিক এসিড—২×২২'৪ লিটার CO ও CO_2 এর মিশ্র উৎপন্ন করে।

∴ ৫ লিটার $CO + CO_2$-এর মিশ্র—$\frac{৫\times১২৬}{২\times২২'৪} = ১৪'০৬$ গ্রাম অক্সালিক এসিড হইতে উৎপন্ন হইবে।

পূর্বোক্ত সূত্র হইতে দেখা যায় যে—প্রমাণ উষ্ণতা ও চাপে, উৎপন্ন মিশ্র গ্যাসের মধ্যে CO ও CO_2-এর মাত্রা সমান। অতএব উপরোক্ত ৫ লিটার মিশ্র গ্যাসে—২.৫ লিটার CO ও ২.৫ লিটার CO_2 আছে।

এখন, এই মিশ্র গ্যাসকে রক্ত-তপ্ত কার্বনের উপর দিয়া চালনা করিলে কেবলমাত্র CO_2, C-এর সহিত বিক্রিয়া করিবে ও উহার আয়তন নিম্নোক্ত সূত্রানুযায়ী দ্বিগুণিত হইয়া যাইবে। যথা—



$$C + CO_2 = 2CO$$

১২ গ্রাম ২২.৪ লিটার ২×২২.৪ লিটার

২২.৪ লিটার CO_2 এর, ১২ গ্রাম কার্বন লাগে—

∴ ২.৫ ,, ,, ,, $\frac{২.৫ \times ১২}{২২.৪}$,, ,,

অথবা ১.৩৩৯ ,, ,,

অর্থাৎ, প্রমাণ ও উষ্ণতা ও চাপে, ১.৩৩৯ গ্রাম রক্ত-তপ্ত কার্বনের উপর CO ও CO_2 এর ৫ লিটার চালনা করিলে উহা প্রমাণ উষ্ণতা ও চাপে (২.৫+২×২.৫) লিটারে বা ৭.৫ লিটারে পরিবর্তিত হইয়া যাইবে।

অনুশীলনী—৭

1. What weight of NH_4Cl would be required to prepare 10 litres of Ammonia at N, T. P.? *C. U, 1902.* [Ans. = 23·88 gms.]

2. What volume of Oxygen at 12°C and 780 mm. will be required to burn all the Hydrogen evolved by the action of dil. HCl on 25 gms. Zinc? ($Zn = 65.$) *C. U., 1908.* [Ans. = 4·37 litres]

3. 100 gms. of KNO_3 are heated to redness, what volume of Oxygen at 39°C and 765 mm. pressure is evolved? *All., 1901.* [Ans. = 12·59 litres]

4. What weight of Alcohol (C_2H_6O) should yield 2 litres of Ethylene (C_2H_4) at 15°C and 750 mm. pressure? [Ans. = 3·84 gms.]

5. Calculate the wt. of Iron converted into oxide by the action of 18 gms. of Steam, and find the volume of Hydrogen at N. T. P. produced. *C. U., 1904,* [Ans. Fe = 42 gms., H = 22·4 litres]

6. What volume of Oxygen is obtained at 94·5°C and under 669 mm. pressure from 91 gms. of $KClO_3$, being given that the gram-molecular wt. of any gas occupies 22·4 litres at N. T. P.? [Ans. = 38 litres]

7. The air in a room was tested for CO_2 by drawing 100 litres of it at 15°C and 750 mm. through KOH. The increase in the wt. of KOH was ·08 gm. What was the p. c. by wt. of CO_2 in the room? *Punj., 1916.* [Ans. = ·066%]

8. How much crystallized Oxalic acid must be used to get 100 litres of Carbon monoxide at 68°F? *Nag.,* [Ans. = 524·1 gms.]

9. 500 gms. of Carbon are burnt in 60 cubic metres of air at 15°C free from Carbon dioxide. Find the percentage of Oxygen, Nitrogen, and carbon dioxide in the air *after* the expt. [Ans. O = 19·36% ; N = 79% ; CO_2 = 1·64%]

10. 100 grams of solution of H_2O_2 in water when boiled gave 5 litres of Oxygen at 12°C and 750 mm. pressure. Find the percentage of H_2O_2 in the solution. [Ans. = 14·34%]

11. 70 grams of Bromine are dissolved in water. What volume of H_2S at 15°C is required to convert it into HBr? [Ans. = 10·33 litres]

12. You are given a balloon with a capacity of thousand litres and you wish to fill with Hydrogen at 30°C and 750 mm. pressure. How much Iron would you require for the purpose?

Banaras, 1922. [Ans. = 2222·75 gms. (Fe treated with acid)]

13. A balloon of 1000 litres' capacity is to be filled with Hydrogen at 27°C and 750 mm. What is the *minimum* quantity of Iron required to liberate the necessary amount of Hydrogen? *C. U. 1925* [Ans. = 1683·745 gms.]

14. Find the volume of air, measured at 20°C and 780 mm. pressure that would be required for the complete combustion of ·5 gram of Sulphur. 1 litre of Hydrogen at N. T. P. weighs ·09 gram. [Ans. = 1·74 litres]

15. What volume of atmospheric air measured at 30°C and 750 mm. will be required for the complete combustion of one gram of Sulphur? (Air contains 20 8 percent of Oxygen by vol. (1 litre of H at N. T. P. weighs ·09 gram)

C. U. 1911. [Ans. = 3·8 litres]

16. Given 100 gms. of chalk, how many litres of CO_2 can be obtained at 15°C and 740 mm. pressure by dissolving the substance in an acid?

Pat., 1904, '24. [Ans. = 24·269 litres]

17. 100 c.c. of CH_4 at 27°C and 750 mm. are exploded with an excess of Oxygen. Determine the weight of water and the volhme of CO_2 formed at N. T. P.

C. U., 1918. [Ans. Vol. of CO_2 = 89·8 c.c. Wt. of H_2O = 0·1443 gm.]

18. Hydrogen obtained by the action of Sulphuric acid on 10 gms. of Zinc is passed over 50 gms. of pure, dry, ignited Copper oxide. Find the weight of the residue and the volume of gaseous product at 100°C and 76 cm. ($Zn = 65$) *C. U. 1919*

[Ans. Wt. of residue = 47·539 gms., Vol. of product = 4·7 litres]

19. Ten gms. of native Sulphur when burnt in air produce 6 litres of SO_2 at N. T. P. Find out the p. c. of *pure* Sulphur in the substance. (*Bom. I. Sc.*)

[Ans. = 85 71%]

20. One gm. of Iron converted into Ferric chloride and the product is dissolved in water. What volume of H_2S at N. T. P. will be theoretically required to completely reduce the Ferric chloride to Ferrous chloride? ($Fe = 56$)

Pat., 1923. [Ans. = ·2 litres]

21. Calculate the weight of Ammonia and Chlorine required to produce one litre of Nitrogen at 27°C and 750 mm. pressure.

C. U. 1922. [Ans. NH_3 = 5 45 gms. Cl = 8·55 gms.]

22. What vol. of Oxygen at 10°C and 748 mm. can be obtained by the decomposition of 1 litre of H_2SO_4 (sp. gr. 1·854)? [Ans. = 224·67 litres]

23. What vol. of NH_3 at N. T. P. will be required to neutralize a solution of HCl containing ·5 gms. of HCl? *Pat.* [Ans. = 306 85 c.c.]

24. CO is passed through a red-hot tube containing Fe_2O_3. The resultant gas is passed into KOH sol. and the gain in wt. of KOH sol. is 0·86 gm. What vol. of CO at N. T. P. must have reacted with Fe_2O_3? *Banaras.* [Ans. = ·4378 litre]

25. What wt. of CuO will be reduced to Cu when the former is heated in a current of Hydrogen obtained by dissolving 4 gms. of Zn completely in dilute H_2SO_4? $Cu = 63·5$, $Zn = 65$. [Ans. = 4·89 gms.]

26. What weight of air is reqd. for the complete combustion of 1 litre of CH_4 at 10°C and 752 mm.? *Wt. of 1 litre of air at N. T. P. = 1·293 gms.*

[Ans. = 11·57 gms.]

27. 18 gms. of Potassium are treated with excess of water. and the gas evolved is collected. Find its vol. at N. T. P. and at 26°C and 780 mm.

[Ans. = 3·73 litres ; 3·98 litres]

28. What wt. of $KClO_3$, on being heated, will yield Oxygen just sufficient for the complete combustion of 1520 c.c. of a mixture of 20% CH_4 and 80% CO at 27°C and 760 mm.? *C. U., 1944.*

29. 380 c.c. of Hydrogen at 180°C and 765 mm. are passed over heated Pb_3O_4. What is the wt. of water formed ? *Nag.* [Ans. = ·2883 gm.]

30. 10 gms. of steam are passed over red-hot Iron. Assuming that only *one-third* of steam is decomposed, find the vol. of hydrogen evolved at 26°C and 741 mm. [Ans. = 4·659 litres]

31. Find the wt. of 6 litres of Hydrogen at 32°F and 760 mm. *Madras.* [Ans. = ·54 gm.]

32. Find the vol. of Hydrogen at N. T. P. that will be produced by treating (i) 100 gms. of Na with excess of water, and (ii) 50 gms. of Zn with excess of dil. HCl. [Ans. = 48·69 litres and 17·23 litres]

33. One gram of water is (a) converted into steam at 100°C ; (b) decomposed by Sodium ; and the Hydrogen evolved is collected at 13°C. Find the vol. of each under 750 mm. [Ans. = (a) 1·72 litres ; (b) ·66 litre]

34. 50 gms. of commercial Zinc are treated with 20 c.c. of 10 p. c. (*10 gms. in 100 c.c.*) HCl. Find the vol. of Hydrogen evolved at 27°C and 550 mm. *Mad.* [Ans. = ·6834 litre]

35. One gm. of Sodium amalgam on being treated with water, yields 200 c.c. of Hydrogen at 13°C and 76 cm. Find the precentage of Sodium in the amalgam. *All.* [Ans. = 39·2%]

36. One gm. of a mixture of $CaCO_3$ and $MgCO_3$ gives 240 c.c of CO_2 at N. T. P. Calculate the composition of the mixture. *Nag.* [Ans. = 62·5% $CaCO_3$, 17·5% $MgCO_3$]

37. A *blackened* silver coin weighing 15 gms., on treatment with HCl, yielded 25 c.c. of H_2S at 12°C and 755 mm. What percentage of the original silver coin was tarnished ? Ag = 108. [Ans. = 1·53]

38. Find the wt. of Zinc and H_2SO_4 that will be required to fill a balloon of capacity 448 c.c. at N. T. P. What will be its volume at 13°C and 720 mm. ? Also calculate what fraction of the gas will escape when the balloon reaches a height where the pressure is 380 mm.

[Ans = 1·3 gms. of Zn ; 1·95 gms. of H_2SO_4 ; 495·4 c.c. ; half of the vol. at N. T. P.]

39. A gram-atom of Mg and excess of H_2SO_4 were enclosed in a stout cylinder of total internal vol. of 1·2 litres. The metal and the acid occupied 250 8 c.c. The prevailing temp. was 28°C and the pressure 756 mm. What would be the pressure inside the cylinder when all the Mg is used up and the system brought to the prevailing temp. of 23°C ? (Change in vol. of H_2SO_4 sol. with Mg and its vapour pressure may be neglected. *C. U. 1933* [Ans. = 20196 mm.]

40. Assuming air to contain 21% of Oxygen by vol., what vol, of air at 27°C and 750 mm. pressure will be required for the complete combustion of 60 gms. of paraffin candle of 80% of Hydrogen ? *C. U., 1935,* [Ans. = 831·45 litres]

41. 1 gm. of a mixture of dry Sodium carbonate and Sodium bicarbonate in equal proportions by wt. is ignited until there is no more loss in wt. What vol. of CO_2 is evolved at N. T. P.

42. Calculate the percentage of $KClO_3$ in a commercial sample of the material contaminated with KCl, 1·555 gms. of which liberate, when fully decomposed, just sufficient Oxygen for the complete combustion of 152 c.c. of acetylene gas at 27°C and 750 mm. *C. U. 1946*

43. ·0321 gm. of impure Alumium gave, on being treated with dil. HCl, 39·8 c.c. of moist Hydrogen at 13°C and 761 mm. The impurity was Alumia ; calculate the percentage of purity of the metal. *C, U., 1945.* [Ans. = 62·6%]

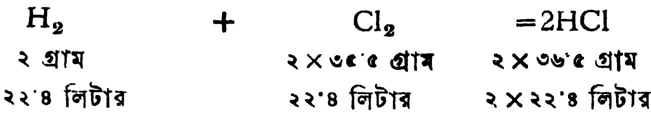
অষ্টম অধ্যায়

রাসায়নিক সূত্র হইতে আয়তন-সম্বন্ধীয় গণনাবলী

(Calculation from chemical Equations involving Volumes)

রাসায়নিক বিক্রিয়ার অন্তর্ভুক্ত গ্যাস সমূহের আয়তন গণনা: গ্যাস-মিতি—(Calculations of volumes of gases taking part in chemical reactions : Eudiometry)—

হাইড্রোজেন গ্যাস, ক্লোরিণ গ্যাসের সহিত সংযুক্ত হইয়া হাইড্রোক্লোরিক এসিড গ্যাস উৎপন্ন করে। সূত্র দ্বারা প্রকাশ করিলে—



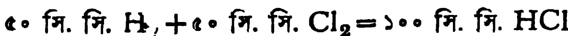
H_2	+	Cl_2	$=2HCl$
২ গ্রাম		২ × ৩৫'৫ গ্রাম	২ × ৩৬'৫ গ্রাম
২২'৪ লিটার		২২'৪ লিটার	২ × ২২'৪ লিটার
(প্রমাণ উষ্ণতা ও চাপে)		(প্রমাণ উষ্ণতা ও চাপে),	(প্রমাণ ও উষ্ণতা ও চাপে)

অতএব, উপরোক্ত সূত্র হইতে জানা যায় হাইড্রোজেনের ১ গ্রাম-অণু ক্লোরিণের ১ গ্রাম-অণুর সহিত সংযুক্ত হইয়া—হাইড্রোক্লোরিক এসিড গ্যাসের ২ গ্রাম-অণু উৎপাদন করে। বা, প্রমাণ উষ্ণতা ও চাপে ২২'৪ লিটার হাইড্রোজেন, ২২'৪ লিটার ক্লোরিণের সহিত যুক্ত হইয়া—২ × ২২'৪ লিটার হাইড্রোক্লোরিক এসিড গ্যাস উৎপন্ন করে।

এখন, রাসায়নিক বিক্রিয়ায় যে গ্যাসগুলি অংশগ্রহণ করে—উহাদের প্রকৃত আয়তন বিবেচনা না করিয়া, কেবলমাত্র উহাদের আয়তনের তুলনামূলক সম্বন্ধ গণনা করা যাইতে পারে। এইরূপ তুলনার ক্ষেত্রে, সহজে গণনা করার জন্য—যে কোনো গ্যাসের ১ গ্রাম অণুর আয়তনকে, আয়তনের একক ধরা হয়; অর্থাৎ প্রমাণ উষ্ণতা ও চাপে কোনো গ্যাসের ২২'৪ লিটারকে ১ আয়তন বলিয়া ধার্য করা হয়। অতএব উপরোক্ত সূত্রটিকে বিচার করিয়া বলা যায়—

১ আয়তন H + ১ আয়তন Cl = ২ আয়তন HCl গ্যাস।

সুতরাং, উপরোক্ত সম্বন্ধ অনুসারে ইহাও বলা যায় যে, অনুরূপ উষ্ণতা ও চাপে—



৫০ সি. সি. H_2 + ৫০ সি. সি. Cl_2 = ১০০ সি. সি. HCl

অর্থাৎ, যে কোনো আয়তন হাইড্রোজেন বা ক্লোরিণের সহযোগে উৎপন্ন হাইড্রোজেন ক্লোরাইডের আয়তন, গণনা করা যায়।

অনুরূপভাবে নিম্নোক্ত উদাহরণগুলি বিবেচনা করা যায়


(১) $2H_2 + O_2 = 2H_2O$

২ আয়তন ১ আয়তন ২ আয়তন স্টীম, আয়তনের সংকোচন = ১ আয়তন

২ আয়তন ১ আয়তন ০ আয়তন জল ∴ " " ৩ আয়তন


(২) $H_2 + Cl_2 = 2HCl$

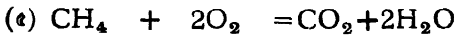
২ আয়তন ১ আয়তন ২ আয়তন ∴ আয়তন অপরিবর্তিত থাকে


(৩) $2CO + O_2 = 2CO_2$

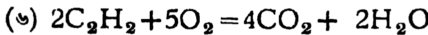
২ আয়তন ১ আয়তন ২ আয়তন . আয়তনের সংকোচন = ১ আয়তন


(৪) $2NO + O_2 = 2NO_2$

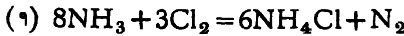
২ আয়তন ১ আয়তন ২ আয়তন . আয়তনের সংকোচন = ১ আয়তন


(৫) $CH_4 + 2O_2 = CO_2 + 2H_2O$

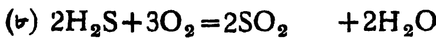
১ আয়তন ২ আয়তন ১ আয়তন জল ∴ আয়তনের সংকোচন = ২ আয়তন


(৬) $2C_2H_2 + 5O_2 = 4CO_2 + 2H_2O$

২ আয়তন ৫ আয়তন ৪ আয়তন জল . আয়তনের সংকোচন = ৩ আয়তন


(৭) $8NH_3 + 3Cl_2 = 6NH_4Cl + N_2$

৮ আয়তন ৩ আয়তন কঠিন ১ আয়তন . আতয়নের সংকোচন = ১০ আয়তন


(৮) $2H_2S + 3O_2 = 2SO_2 + 2H_2O$

২ আয়তন ৩ আয়তন ২ আয়তন জল ∴ আয়তনের সংকোচন = ৩ আয়তন


(৯) $NH_3 + HCl = NH_4Cl$

১ আয়তন ১ আয়তন কঠিন ∴ আয়তনের সংকোচন = ২ আয়তন


(১০) $CO_2 + C = 2CO$

১ আয়তন কঠিন ২ আয়তন ∴ আয়তনের প্রসারণ = ১ আয়তন


(১১) $H_2S + Cl_2 = 2HCl + S$

১ আয়তন ১ আয়তন ২ আয়তন কঠিন ∴ আয়তন অপরিবর্তিত থাকে


(১২) $2NH_3 + N_2 = 3H_2 + 2N_2$

২ আয়তন ১ আয়তন ৩ আয়তন ২ আয়তন ∴ আয়তনের প্রসারণ = ২ আয়তন


(১৩) $2NO + 2H_2 = N_2 + 2H_2O$

২ আয়তন ২ আয়তন ১ আয়তন ∴ আয়তনের সংকোচন = ৩ আয়তন


(১৪) $2N_2O + 2Na = 2N_2 + Na_2O_2$

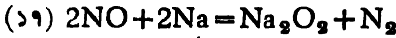
২ আয়তন ২ আয়তন ∴ আয়তন অপরিবর্তিত থাকে


(১৫) $N_2 + O_2 = 2NO$

১ আয়তন ১ আয়তন ২ আয়তন ∴ আয়তন অপরিবর্তিত থাকে


(১৬) $C + O_2 = CO_2$

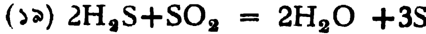
১ আয়তন ১ আয়তন আয়তন অপরিবর্তিত থাকে


(১৭) $2NO + 2Na = Na_2O_2 + N_2$

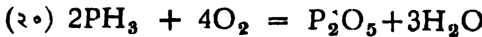
২ আয়তন কঠিন ১ আয়তন ∴ আয়তনের সংকোচন = ১ আয়তন


(১৮) $N_2O + H_2 = H_2O + N_2$

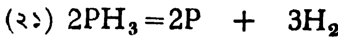
১ আয়তন ১ আয়তন জল ১ আয়তন ∴ আয়তনের সংকোচন = ১ আয়তন


(১৯) $2H_2S + SO_2 = 2H_2O + 3S$

২ আয়তন ১ আয়তন জল কঠিন ∴ আয়তনের সংকোচন = ৩ আয়তন


(২০) $2PH_3 + 4O_2 = P_2O_5 + 3H_2O$

২ আয়তন ৪ আয়তন কঠিন জল ∴ আয়তনের সংকোচন = ৬ আয়তন


(২১) $2PH_3 = 2P + 3H_2$

২ আয়তন ৩ আয়তন আয়তনের প্রসারণ = ১ আয়তন


(২২) $PH_3 + HI = PH_4I$

১ আয়তন ১ আয়তন কঠিন আয়তনের সংকোচন = ৩ আয়তন

আয়তন নির্ধারণ প্রণালী :

প্রথমতঃ রাসায়নিক বিক্রিয়াটি নির্ভুল সমীকরণের সাহায্যে প্রকাশ করিয়া গ্যাসগুলির আয়তন গণনা করা হয় ; গণনাকালে নিম্নোক্ত সূত্রগুলি স্মরণ রাখা প্রয়োজন—

(ক) যে কোন গ্যাসের গ্রাম-আণবিক ভারের আয়তন, প্রমাণ-উষ্ণতা ও চাপে ২২·৪ লিটার।

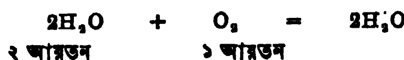
(খ) রাসায়নিক বিক্রিয়ায় নির্দেশিত বিভিন্ন গ্যাসগুলির আয়তনের তুলনার কালেই কেবলমাত্র, ১ গ্রাম অণু গ্যাসের আয়তনকে, ১ আয়তন রূপে ধরা যায়, অন্য ক্ষেত্রে নয়। অন্য ক্ষেত্রে, প্রমাণ-উষ্ণতা ও চাপে গ্যাসটির ১ অণুর আয়তন অর্থাৎ ২২·৪ লিটার গণনায় ব্যবহার করা হয়।

(গ) রাসায়নিক বিক্রিয়ায় নির্দেশিত গ্যাসগুলি, সর্বদাই প্রমাণ-উষ্ণতা ও চাপে প্রকাশিত হইয়া থাকে।

(ঘ) যখনই হাইড্রোজেন ও অক্সিজেন একত্র যুক্ত হইয়া স্টীম উৎপন্ন করে ও পরে ঐ স্টীম শীতল হইয়া তরল জলে রূপান্তরিত হয়, তখন আয়তনের সংকোচন ঘটিয়া থাকে ; এই সঙ্কুচিত আয়তনের ১/৩ অংশ অক্সিজেনের ও ২/৩ অংশ হাইড্রোজেনের আয়তন নির্দেশ করিয়া থাকে।

গাণিতিক উদাহরণ

1. 10 c.c. of oxygen are mixed with 50 c.c. of Hydrogen, both measured at N. T. P. and exploded. Whate volume, if any, of gas will remain ?


সমাধান :— $2H_2O + O_2 = 2H_2O$

২ আয়তন ১ আয়তন

২ সি. সি. হাইড্রোজেন ১ সি. সি. অক্সিজেনের সহিত যুক্ত হইয়া জল উৎপন্ন করে।

∴ ২০ সি. সি. হাইড্রোজেন, ১০ সি. সি. অক্সিজেনের সহিত যুক্ত হইবে।

∴ অবশিষ্ট (৫০—২০)=৩০ সি. সি. হাইড্রোজেন পড়িয়া থাকিবে।

2 100 c c , of carbon monoxide are mixed with 40 c. c. of Oxygen and exploded. If the resulting mixture is shaken with caustic potash, what volume of the gas will remain and what gas will it be ?

সমাধান ঃ— $2CO + O_2 = 2CO_2$

২ আয়তন ১ আয়তন ২ আয়তন

১ আয়তন অক্সিজেন, ২ আয়তন CO এর সহিত যুক্ত হইয়া—২ আয়তন CO_2 উৎপন্ন করে।

∴ ৪০ সি. সি. অক্সিজেন ৮০ সি. সি. CO-এর সহিত যুক্ত হইয়া ৮০ সি. সি. CO_2 উৎপন্ন করে। KOH দ্রবণ দিয়া আলোড়ন করিলে, পূর্বোক্ত ৮০ সি. সি. CO_2 শোষিত হইবে।

∴ অবশিষ্ট গ্যাসের পরিমাণ=১০০—৮০=২০ সি. সি.।

3 If Oxygen be removed from 10 c c. of Nitric oxide, what volume of Nitrogen will remain ?

সমাধান ঃ— $2NO = N_2 + O_2$

২ আয়তন ১ আয়তন ১ আয়তন

সমীকরণটি হইতে দেখা যায়, নাইট্রিক অক্সাইডের সম্পূর্ণ বিয়োজনের ফলে আয়তনের অর্ধাংশ অক্সিজেন উৎপন্ন হয়।

∴ ১০ সি. সি. নাইট্রিক অক্সাইড হইতে, ৫ সি. সি. নাইট্রোজেন ও ৫ সি. সি. অক্সিজেন উৎপন্ন হইবে।

উপরোক্ত ৫ সি. সি. অক্সিজেনকে যদি ক্ষারযুক্ত পাইরোগ্যালেট (alkaline pyrogallate) দ্রবণে দ্রবীভূত করিয়া লওয়া যায়,—অবশিষ্ট ৫ সি. সি. নাইট্রোজেন পড়িয়া থাকিবে।

4. 10 c.c. of Ethylene are mixed with 40 c.c. of Oxygen, both measured at N. T. P. and exploded. Find the nature and volume of gases that will remain at the standard temp. and pressure.

সমাধান :— $C_2H_4 + 3O_2 = 2CO_2 + 2H_2O.$

১ আয়তন ৩ আয়তন ২ আয়তন জল

১ আয়তন ইথিলীন, ৩ আয়তন অক্সিজেনের সহিত যুক্ত হইয়া ২ আয়তন CO_2 উৎপন্ন করে।

∴ ১০ সি. সি. C_2H_4, ৩০ সি. সি. অক্সিজেনের সহিত যুক্ত হইয়া ২০ সি. সি. CO_2 উৎপন্ন করে। অতএব—

অবশিষ্টরূপে একটি গ্যাসের মিশ্রণ থাকিবে ; ঐ মিশ্রণটিতে

CO_2=২০ সি. সি.

এবং O_2=(৪০—৩০)=১০ সি. সি. থাকিবে।

5. Half a litre of CO_2 is passed over red-hot Carbon. The volume becomes 700 c.c. Find the composition of the product, assuming that all the gases are measured at N. T. P.

সমাধান :— $CO_2 + C = 2CO$

১ আয়তন ২ আয়তন

উপরোক্ত সমীকরণ হইতে দেখা যায় যে, রক্ত-তপ্ত কার্বনের উপর দিয়া CO_2 চালনা করিলে, উহার আয়তন দ্বিগুণিত হইয়া যায়, ও CO_2—COতে রূপান্তরিত হয়।

বর্তমান পরীক্ষায়, অবশ্যই CO_2এর অংশমাত্র COতে রূপান্তরিত হইয়াছে ; নতুবা, সম্পূর্ণ বিক্রিয়া ঘটিলে শেষ আয়তন ১ লিটার হইত।

ধরা যাক্—x সি. সি. CO_2, COতে রূপান্তরিত হইয়াছে

∴ (৫০০ $-x$) সি. সি. আয়তন CO_2, CO রূপে বিজারিত হয় নাই

এবং উৎপন্ন CO এর আয়তন $=2x$

∴ (৫০০ $-x) + 2x = 900$ বা, $x=$ ২০০ সি. সি.

অতএব, সর্বশেষ উৎপন্ন পদার্থ একটি মিশ্রণ ; উহাতে

৫০০ − ২০০ = ৩০০ সি. সি. CO_2

এবং ২ × ২০০ = ৪০০ সি. সি. CO আছে।

6. *What vol. of Chlorine at N. T. P. would be required to—) combine with 10 litres of Acetylene ; (ii) decompose 10 litres of H_2S ?* (London I. Sc.)

সমাধান ঃ— $C_2H_2 + Cl_2 = 2HCl + 2C$

১ আয়তন ১ আয়তন

$H_2S + Cl_2 = 2HCl + S$

১ আয়তন ১ আয়তন

পূর্বোক্ত সমীকরণগুলি হইতে দেখা যায় যে, এসিটিলীন ও H_2S উভয় ক্ষেত্রেই উহাদের আয়তনের সম-আয়তন ক্লোরিণ বিক্রিয়ার জন্য প্রয়োজন।

∴ ১০ লিটার এসিটিলিনের সংযোগের জন্য, ১০ লিটার Cl_2 প্রয়োজন।

এবং ,, H_2S এর বিয়োজনের ,, ,, ,, ,,

7. *What volume of air containing 21 per cent of Oxygen by vol. is required to burn 1 litre of Marsh gas ?*

সমাধান :— $CH_4 + 2O_2 = CO_2 + 2H_2O.$

১ আয়তন ২ আয়তন

১ লিটার মিথেনের দহনের জন্য, ২ লিটার অক্সিজেন প্রয়োজন।

কিন্তু প্রদত্ত বায়ুর ১০০ লিটার, ২১ লিটার অক্সিজেন আছে।

∴ প্রদত্ত বায়ুর, $\frac{২ \times ১০০}{২১}$ = ৯·৫২ লিটারে, উপরোক্ত ২ লিটার অক্সিজেন আছে।

8. *10 c c of a mixture of Nitrogen and Oxygen were mixed with 20 c.c of Hydrogen, and the mixture then exploded. The volume after explosion was found to be 21 c c. (measured at the original temperature and pressure). Calculate the volumetric precentage of the mixture.*

সমাধান ঃ—নাইট্রোজেন ও অক্সিজেনের মিশ্রণের আয়তন = ১০ সি. সি.

যুক্ত হাইড্রোজেনের আয়তন = ২০ সি. সি.

প্রজ্বালন শেষে মিশ্রনের আয়তন = ২১ সি. সি.

∴ সংকোচন = (১০ + ২০ − ২১) = ৯ সি. সি.

হাইড্রোজেন ও অক্সিজেন সংযুক্ত হইয়া জল উৎপন্ন করার জন্যই এই সংকোচন ঘটিয়াছে। এখন, সমীকরণ অনুযায়ী—

$2H_2 + O_2 = 2H_2O$ (জল)

২ আয়তন ১ আয়তন 0 আয়তন ∴ সংকোচন = ৩ আয়তন

যেহেতু, সংকোচনের $\frac{১}{৩}$ অংশ = অক্সিজেনের আয়তন। অতএব মিশ্রণটিতে বর্তমান অক্সিজেনের আয়তন $= \frac{১}{৩} \times ৯ = ৩$ সি. সি.

এবং নাইট্রোজেনের আয়তন $= ১০ - ৩ = ৭$ সি. সি.

9. 10 c.c. of Marsh gas are mixed with 25 c.c. of Oxygen in a eudiometer and exploded. A piece of solid KOH is then introduced into the tube to absorb completely the CO_2 produced. Find the vol. of the residual gas and calculate the volume of CO_2 produced.



সমাধান ঃ—$CH_4 + 2O_2 = CO_2 + 2H_2O$

১ আয়তন ২ আয়তন ১ আয়তন

১ আয়তন CH_4, ২ আয়তন O_2 এর সহিত বিক্রিয়ায়—১ আয়তন CO_2 উৎপন্ন করে।

∴ ১০ সি. সি. CH_4, ২০ সি. সি. O_2 এর সহিত বিক্রিয়া করিয়া—১০ সি. সি. CO_2 উৎপন্ন করিবে KOH, এই ১০ সি. সি. CO_2 কে শোষণ করিবে।

সুতরাং অবশিষ্ট রহিবে—$(২৫ - ২০) = ৫$ সি. সি. অক্সিজেন

∴ অবশিষ্ট গ্যাসের (অক্সিজেনের) আয়তন $= ৫$ সি. সি.

এবং উৎপন্ন CO_2 এর আয়তন $= ১০$ সি. সি.

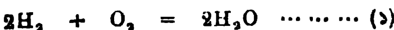
10. 20 c.c. of a mixture of CH_4 and H_2 is mixed with 30 c.c. of Oxygen and exploded. On cooling, the vol. becomes 15 c.c. and on treatment with KOH, the vol becomes 5 c.c., all measured at N. T. P. What weight of each gas did the original mixture contain?

সমাধান ঃ—ধরা যাক্ মিথেনের আয়তন $= x$ সি. সি.

∴ হাইড্রোজেনের আয়তন $= (২০ - x)$ সি. সি.

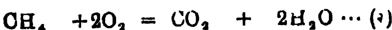
ইহাও বুঝা যায় যে অব্যবহৃত অক্সিজেনের আয়তন $= ৩০ - ৫ = ২৫$ সি. সি.

∴ ব্যবহৃত অক্সিজেনের আয়তন $= ৩০ - ৫ = ২৫$ সি. সি.



$2H_2 + O_2 = 2H_2O$ ……… (১)

২ আয়তন ১ আয়তন



$CH_4 + 2O_2 = CO_2 + 2H_2O$ … (২)

১ আয়তন ২ আয়তন

∴ $(২০ - x)$ সি. সি. হাইড্রোজেন $\left(\frac{২০ - x}{২}\right)$ সি. সি. অক্সিজেনের সহিত যুক্ত হইয়াছে এবং x সি. সি. মিথেন, $২x$ সি. সি. অক্সিজেনের সহিত যুক্ত হইয়াছে।

∴ ব্যবহৃত অক্সিজেনের পরিমাণ $= ২x + \frac{২০ - x}{২}$

কিন্তু, ব্যবহৃত অক্সিজেনের পরিমাণ প্রকৃতপক্ষে $= ২৫$ সি. সি.

$$\therefore\ ২x + \frac{২০ - x}{২} = ২৫$$

$$বা,\ ৪x + ২০ - x = ৫০$$

$$বা,\ x = ১০ \text{ সি. সি.}$$

∴ প্রমাণ উষ্ণতা ও চাপে, মিথেনের পরিমাণ $= ১০$ সি. সি.

এবং মিথেনের ওজন = ১০ × ৮ × '০০০০৯ গ্রাম

= '০০৭২ গ্রাম

এবং প্রমাণ উষ্ণতা ও চাপে হাইড্রোজেনের আয়তন = ১০ সি. সি.

এবং হাইড্রোজেনের ওজন = ১০ × '০০০০৯ গ্রাম

= '০০০৯ গ্রাম

11. 100 c.c. of a mixture of N_2O and NO are treated with 200 c.c. of Hydrogen and exploded. 80 c.c. of Nitrogen remained. Find the composition of the mixture.

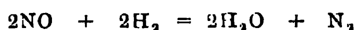
সমাধান ঃ—ধরা যাক্—নাইট্রোজেনের আয়তন = x সি. সি.

∴ নাইট্রোজেনের আয়তন = $(১০০ - x)$ সি. সি.



$N_2O + H_2 = H_2O + N_2$

১ আয়তন ১ আয়তন (জল) ১ আয়তন



$2NO + 2H_2 = 2H_2O + N_2$

২ আয়তন ২ আয়তন (জল) ১ আয়তন

প্রজ্বালনের ফলে, ১ আয়তন N_2O—১ আয়তন N_2 উৎপন্ন করে।

∴ x সি. সি. N_2O, হাইড্রোজেন সংযোগে প্রজ্বালনের ফলে—

x সি. সি. নাইট্রোজেন উৎপন্ন করিবে।

এবং, ২ আয়তন NO, হাইড্রোজেন সংযোগে প্রজ্বালনের ফলে—

১ আয়তন নাইট্রোজেন উৎপন্ন করে।

$(১০০ - x)$ সি. সি. NO—$\left(\frac{১০০ - x}{২}\right)$ সি. সি. হাইড্রোজেন উৎপন্ন করিবে।

কিন্তু উৎপন্ন নাইট্রোজেনের সমগ্র পরিমাণ = ৮০ সি. সি.

অতএব, $x + \frac{১০০ - x}{২} = ৮০$

বা $২x + ১০০ - x = ১৬০$

বা $x = ৬০$

সুতরাং মিশ্রণটির সংযুতি— $\begin{cases} N_2O = ৬০ \text{ সি. সি.} \\ NO = ৪০ \text{ সি. সি.} \end{cases}$

12. 10 c.c. of a mixture of CO, CH_4 and Nitrogen, exploded with excess of Oxygen, gave a contraction of 6·5 c.c.; there was a further contraction of 7 c.c. when the residual gas was treated with Caustic potash. What was the composition of the original mixture?

সমাধান :—ধরা যাক্ CO-এর আয়তন = x সি. সি.

এবং CH_4 এর আয়তন = y ,, ,,

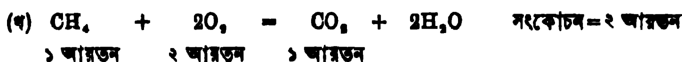
∴ নাইট্রোজেনের আয়তন = $১০ - (x + y)$

এখন প্রজ্বালনকালে, নিম্নোক্ত সমীকরণ অনুযায়ী বিক্রিয়া ঘটে—



(ক) $2CO + O_2 = 2CO_2$

২ আয়তন ১ আয়তন ২ আয়তন ∴ সংকোচন = ১ আয়তন



(খ) $CH_4 + 2O_2 = CO_2 + 2H_2O$ সংকোচন=২ আয়তন
১ আয়তন ২ আয়তন ১ আয়তন

এখন সমীকরণ (ক) অনুযায়ী, সংকোচন=১ আয়তন=CO এর আয়তনের $\frac{১}{২}$

অতএব, আলোচ্য ক্ষেত্রে সংকোচন=$\frac{x}{২}$

আবার সমীকরণ (খ) অনুযায়ী, সংকোচন=২ আয়তন=২×CH_4 এর আয়তন

অতএব, আলোচ্য ক্ষেত্রে সংকোচন=$2y$

কিন্তু প্রদত্ত মান অনুযায়ী, সমগ্র সংকোচনের পরিমাণ—৬·৫ সি. সি.

$\therefore \frac{x}{২}+২y=৬·৫$

বা, $x+৩y=১৩$ ... ... (১)

আবার, KOH দ্রবণ যোগ করার পর দ্বিতীয় সংকোচন ৭ সি. সি. অবশ্যই উৎপন্ন CO_2 এর শোষণের ফলে ঘটিয়াছে—

সমীকরণ (ক) হইতে দেখা যায়, উৎপন্ন CO_2 এর আয়তন=CO এর আয়তনের সমান

অতএব আলোচ্য ক্ষেত্রে ; উৎপন্ন CO_2 এর আয়তন=x সি. সি.

আবার সমীকরণ (খ) হইতে দেখা যায়, উৎপন্ন CO_2 এর আয়তন=CH_4এর আয়তন

অতএব আলোচ্য ক্ষেত্রে উৎপন্ন CO_2এর আয়তন=y সি. সি.

কিন্তু, প্রদত্ত মান অনুযায়ী, উৎপন্ন সমগ্র CO_2এর পরিমাণ ৭·সি. সি.

$\therefore \quad x+y=৭$......(২)

এবং $x+৩y=১৩$......(১)

সমীকরণ (১) হইতে, সমীকরণ (২) বিয়োগ করিয়া—

$৩y=৬$, বা $y=২$

$\therefore \quad x=(৭-২)=৫$

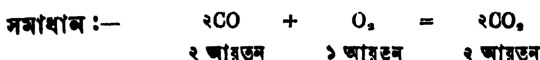
অর্থাৎ COএর আয়তন=৫ সি. সি. CH_4 এর আয়তন=২ সি. সি.

$\therefore$ নাইট্রোজেনের আয়তন=১০−৫−২=৩ সি. সি.

সুতরাং, প্রথম মিশ্রণটির উপাদান নিম্নরূপ ছিল—

কার্বন মনোক্সাইড=৫ সি. সি
মার্স গ্যাস =২ সি. সি.
নাইট্রোজেন =৩ সি. সি.

13. *30 c.c. of CO are exploded with excess of Oxygen and 35 c.c. of the gas remain. What volume of Oxygen was added ?*



সমাধান :— $২CO + O_2 = ২CO_2$
২ আয়তন ১ আয়তন ২ আয়তন

অতএব পূর্বোক্ত সমীকরণ হইতে দেখা যায় যে, COএর CO_2-এতে জারিত হইতে উহার আয়তনের অর্ধেক অক্সিজেন লাগে, এবং উৎপন্ন CO_2এর পরিমাণ, গৃহীত COএর পরিমাণের সমান হয়।

∴ ৩০ সি. সি. COএর প্রজ্জ্বালনের জন্য, ১৫ সি. সি. অক্সিজেন লাগিবে এবং ৩০ সি. সি. CO_2 উৎপন্ন হইবে।

কিন্তু অবশিষ্ট গ্যাসের পরিমাণ = ৩৫ সি. সি.

অতএব, (৩৫ − ৩০) বা ৫ সি. সি. অক্সিজেন, অবশ্যই অতিরিক্ত ছিল।

সুতরাং যুক্ত অক্সিজেনের পরিমাণ = ১৫ + ৫ = ২০ সি. সি.

14. 20 c.c. of NH_3 are completely decomposed by a series of electric sparks and the mixed gases are exploded with 30 c.c. of Oxygen. What volumes of what gasess remain ?

সমাধান :— $2NH_3 = N_2 + 3H_2$
২ আয়তন ১ আয়তন ৩ আয়তন

অর্থাৎ ২ আয়তন অ্যামোনিয়া বিশ্লিষ্ট হইলে, ১ আয়তন নাইট্রোজেন ও ৩ আয়তন হাইড্রোজেন উৎপন্ন করে।

বা, ১ আয়তন NH_3 বিশ্লিষ্ট হইলে, উহার আয়তন $\frac{১}{২}$ অংশ নাইট্রোজেন ও $\frac{৩}{২}$ অংশ হাইড্রোজেন উৎপন্ন হয়।

∴ ২৯ সি. সি. NH_3—২৯ ÷ ২ = ১৪·৫ সি. সি. নাইট্রোজেন এবং ২৯ × $\frac{৩}{২}$ = ৪৩·৫ সি. সি হাইড্রোজেন উৎপন্ন করিবে।

আবার হাইড্রোজেনের প্রজ্জ্বালনের জন্য উহার আয়তনের অর্ধেক পরিমাণ অক্সিজেন লাগে।

∴ ৪৩·৫ সি. সি. হাইড্রোজেনের—৪৩·৫ ÷ ২ = ২১·৭৫ সি. সি অক্সিজেন প্রজ্জ্বালনের জন্য লাগিবে।

কিন্তু প্রদত্তমান অনুযায়ী, যুক্ত অক্সিজেনের পরিমাণ = ৩০ সি সি.

অতএব, (৩০ − ২১·৭৫) = ৮·২৫ সি. সি. অক্সিজেন অতিরিক্ত থাকিবে।

যেহেতু, উৎপন্ন জলের আয়তন, নগণ্য আয়তন অধিকার করে. অতএব, উহাকে অগ্রাহ্য করিয়া—প্রজ্জ্বালন শেষে অবশিষ্ট গ্যাস

নাইট্রোজেন = ১৪·৫ সি. সি.
অক্সিজেন = ৮·২৫ সি. সি.

15. 1000 c.c. of a mixture of Oxygen and Nitrogen are taken in a jar. Nitric oxide is added till no more red fumes appear. It is found that 33 c.c. of Nitric oxide are required. What is the percentage of Oxygen in the mixiure ?

সমাধান :— $2NO + O_2 = 2NO_2$
২ আয়তন ১ আয়তন ২ আয়তন

অতএব সমীকরণ হইতে দেখা যায় যে নাইট্রিক অক্সাইড উহার আয়তনের অর্ধেক পরিমাণ অক্সিজেনের সহিত যুক্ত হইয়া, রক্তবর্ণ NO_2 উৎপন্ন করে।

সুতরাং আলোচ্য ক্ষেত্রে ৩৩ সি. সি. NOএর সহিত, অবশ্যই (৩৩ ÷ ২) = ১৬·৫ সি. সি. অক্সিজেন যুক্ত হইয়াছে।

কিন্তু, ঐ ১৬·৫ সি. সি. অক্সিজেন, ১০০০ সি. সি. গ্যাস-মিশ্রে বর্তমান ছিল।

অতএব—১০০ সি. সি. গ্যাস-মিশ্রে বর্তমান অক্সিজেনের পরিমাণ—

$=(১০০ \times ১৬'৫) \div ১০০০ = ১'৬৫$

$\therefore$ অক্সিজেনের নির্ণেয় শতকরা মাত্রা $= ১'৬৫\%$

16. 25 c.c. of Marsh gas at N.T.P. are mixed with 300 c.c. of air at 27°C and 750 mm. pressure and the mixture is exploded by electric spark. Find out the vol. of the residual gas at 17°C and 750 mm. Air contains 20% of Oxygen and 80% of Nitrogen by volume.

(*C. U. 1919*)

সমাধান :—ধরা যাক—২৭° সে ও ৭৫০ মি. মি. চাপে, ৩০০ সি. সি. বায়ুর, প্রমাণ উষ্ণতা ও চাপে আয়তন হইবে V সি. সি.

$$\therefore \frac{৩০০ \times ৭৫০}{২৭+২৭৩} = \frac{V \times ৭৬০}{২৭৩}$$

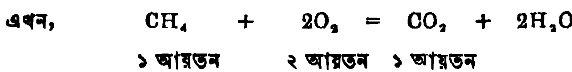
$$বা,\quad V = \frac{৩০০ \times ৭৫০ \times ২৭৩}{৭৬০ \times ৩০০} = ২৬৯'৪ \text{ সি. সি.}$$

যেহেতু বায়ুর মধ্যে আয়তন অনুপাত, ২০% অক্সিজেন ও ৮০% নাইট্রোজেন আছে—

অতএব ঐ ২৬৯'৪ সি. সি. বায়ুর মধ্যে—

$(২৬৯'৪ \times ২০) \div ১০০ = ৫৩'৮৮$ সি. সি. অক্সিজেন আছে,

এবং $(২৬৯'৫ \times ৮০) \div ১০০ = ২১৫'৫২$ সি. সি. নাইট্রোজেন আছে।



এখন, $CH_4 + 2O_2 = CO_2 + 2H_2O$

১ আয়তন　২ আয়তন　১ আয়তন

অতএব, ২৫ সি. সি. CH_4, ৫০ সি. সি. অক্সিজেনের সহিত বিক্রিয়া করিয়া ২৫ সি. সি. CO_2 উৎপন্ন করে।

সুতরাং অবশিষ্ট গ্যাস একটি মিশ্র হইবে, উহার মধ্যে

নাইট্রোজেনের আয়তন $= ২১৫'৫২$ সি. সি.

অক্সিজেনের „ $= ৫৩'৮৮ - ৫০$

$= ৩'৮৮$ সি. সি.

এবং, CO_2এর „ $= ২৫$ সি. সি. হইবে।

অর্থাৎ মিশ্রটির সমগ্র আয়তন „ $= ২১৫'৫২ + ৫৩'৮৮ + ২৫$

$= ২৪৪'৪$ সি. সি, হইবে।

কিন্তু, উপরোক্ত আয়তন প্রমাণ-উষ্ণতা ও চাপে প্রকাশিত—

অতএব, ১৭° সে ও ৭৫০ মি. মি. চাপে যদি উপরোক্ত আয়তন $= V$ সি. সি. হয়,

$$তবে\quad \frac{২৪৪'৪ \times ৭৬০}{২৭৩} = \frac{V \times ৭৫০}{১৭ \times ২৭৩}$$

$$বা,\ V = \frac{২৪৪'৪ \times ৭৬০ \times ২৯০}{৭৫০ \times ২৭৩} = ২৬৩'০৮ \text{ সি. সি. ।}$$

অষ্টম অধ্যায়—সংযোজন

গ্যাসের আণবিক সংকেত নির্ধারণ

(Determination of the molecular formula of a gas)

হাইড্রোকার্বন (Hydrocarbon) জাতীয় গ্যাসের আণবিক সংকেত নির্ধারণ করিতে হইলে, প্রথমতঃ গ্যাসটির একটি নির্দিষ্ট আয়তনকে অতিরিক্ত মাত্রায় অক্সিজেনের সহিত মিশ্রিত করিয়া একটি ইউডিয়োমিটার যন্ত্রে সংগ্রহ করা হয় ও পরে ঐ মিশ্র প্রজ্বালন করিয়া, ক্রমান্বয়ে যে সংকোচন ঘটিতে থাকে তাহা লিপিবদ্ধ করা হয়; এই লিপিবদ্ধ ফলাফলগুলি হইতে, হাইড্রোকার্বনটির আণবিক সংকেত নির্ধারণ করা হয়।

এস্থলে, তিন প্রকার বিভিন্ন অবস্থায় হাইড্রোকার্বনের আণবিক সংকেত নির্ধারণের প্রণালী আলোচিত হইতেছে।

(ক) যে ক্ষেত্রে যুক্ত অক্সিজেনের ও সংকোচনের উভয়েরই আয়তন জানা আছে।

(খ) যে ক্ষেত্রে যুক্ত অক্সিজেনের আয়তন এবং হাইড্রোকার্বনের ঘনত্ব জানা নাই, কিন্তু সংকোচনগুলির আয়তন জানা আছে।

(গ) যে ক্ষেত্রে যুক্ত অক্সিজেনের আয়তন জানা নাই, কিন্তু প্রথম সংকোচনের আয়তন ও হাইড্রোকার্বনের ঘনত্ব জানা আছে।

নিম্নে প্রণালীগুলি, উদাহরণ সহ ব্যাখ্যা করা হইল।

(ক) যুক্ত অক্সিজেনের আয়তন জানা আছেঃ

উদাহরণ ঃ কোনো গ্যাসীয় হাইড্রোকার্বনের ১০ সি. সি. লইয়া, ৩৩ সি. সি. অক্সিজেনের সহিত মিশ্রিত করা হইল। প্রজ্বালন শেষে শীতল করিয়া, অবশিষ্ট গ্যাসের আয়তন দেখা গেল ২৮ সি. সি. হইয়াছে। এই অবশিষ্ট গ্যাসের মধ্যে KOH যোগ করিলে, উহার আয়তন কমিয়া ৮ সি. সি. হইল। গ্যাসটির সংকেত নির্ধারণ কর।

10 c.c. of a gaseous Hydrocarbon were exploded with 33 c.c. of Oxygen. After cooling, the volume of the residual gases was 28 c.c. and on treating with KOH, the volume decreased to 8 c.c. Find the formula of the gas.

সমাধান ঃ এস্থলে, প্রথম সংকোচন = ১০ + ৩৩ − ২৮ = ১৫ সি. সি.

দ্বিতীয় সংকোচন = ২৮ − ৮ = ২০ সি. সি.

= উৎপন্ন CO_2 এর পরিমাণ

এবং অব্যবহৃত অক্সিজেনের আয়তন = ৮ সি. সি.

∴ ব্যবহৃত „ „ = ৩৩ − ৮ = ২৫ সি. সি.

এখন CO_2 এর মধ্যে, উহার সমআয়তন অক্সিজেন থাকে।

∴ ২০ সি. সি. CO_2 এর মধ্যে, অক্সিজেনের পরিমাণ = ২০ সি. সি.

অতএব, হাইড্রোকার্বনের মধ্যের হাইড্রোজেন অংশের সহিত যুক্ত অক্সিজেনের পরিমাণ = ২৫ − ২০ = ৫ সি. সি.

আবার অক্সিজেন উহার দ্বিগুণ আয়তন হাইড্রোজেনের সহিত বিক্রিয়া করে।

∴ ৫ সি. সি. অক্সিজেন, ১০ সি. সি. হাইড্রোজেনের সহিত যুক্ত হইয়াছে এবং ঐ ১০ সি. সি. হাইড্রোজেন অবশ্যই ১০ সি. সি. হাইড্রোকার্বন হইতে আসিয়াছে।

অর্থাৎ, ১০ সি. সি. গ্যাসীয় হাইড্রোকার্বনটির মধ্যে ১০ সি. সি. হাইড্রোজেন আছে, এবং ঐ পরিমাণ ঐ হাইড্রোকার্বন ২০ সি. সি. CO_2 ও উৎপন্ন করে।

বা, ১ আয়তন হাইড্রোকার্বন,—১ আয়তন হাইড্রোজেন আছে, ও উহা প্রজ্জ্বালনকালে ২ আয়তন CO_2 উৎপন্ন করে।

বা, ১ অণু হাইড্রোকার্বনে—১ অণু হাইড্রোজেন আছে, ও উহা ২ অণু CO_2 উৎপন্ন করে (* অ্যাভোগাড্রো-প্রকল্পের প্রয়োগে)।

বা, ১ অণু হাইড্রোকার্বনে, ২টি হাইড্রোজেন পরমাণু আছে, ও ২টি কার্বন পরমাণু আছে (* কারণ হাইড্রোজেনের অণু দ্বিপরমাণুক, ও CO_2 এর প্রতিটি অণুতে ১টি করিয়া কার্বন পরমাণু থাকে)।

অতএব, গ্যাসীয় হাইড্রোকার্বনটির নির্ণেয় সংকেত = C_2H_2

(খ) যুক্ত অক্সিজেনের আয়তন জানা নাই :

প্রথম প্রণালী :

এই প্রণালীতে সমাধান করিতে হইলে, নিম্নের সূত্রগুলি স্মরণীয় :—

(১) প্রথমতঃ ধরা যাক্ হাইড্রোকার্বনটির সংকেত = C_xH_y

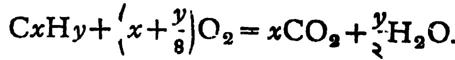
(২) ঐ হাইড্রোকার্বনটি **অতিরিক্ত মাত্রায়** অক্সিজেনের সহিত যুক্ত করিয়া প্রজ্জ্বালন করিলে, উহার প্রতিটি অণু হইতে, x অণু CO_2, এবং $y \div ২$ অণু জল উৎপন্ন করে।

(৩) ঐ হাইড্রোকার্বনের ১টি অণুর সম্পূর্ণ প্রজ্জ্বালনের জন্য, প্রয়োজনীয় অক্সিজেন পরমাণুর সংখ্যা = $\left(২x+\frac{y}{২}\right)$

বা, হাইড্রোকার্বনে ১ অণুর প্রজ্জ্বালনের জন্য, প্রয়োজনীয় অক্সিজেন অণুর সংখ্যা

$$= x+\frac{y}{4}$$

(৪) অক্সিজেনের সহিত যে প্রজ্জ্বালন ঘটে, উহার নির্দেশক সমীকরণ



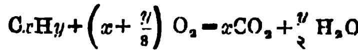
$$CxHy+\left(x+\frac{y}{8}\right)O_2 = xCO_2+\frac{y}{২}H_2O.$$

গাণিতিক উদাহরণ

20 c.c. of a gaseous Hydrocarbon were exploded with excess of Oxygen and cooled. There was a contraction of 40 c.c. On treatment with KOH there was a further contraction of 40 c.c. What was the Hydrocarbon ?

সমাধান :—ধরা যাক্ হাইড্রোকার্বনটির সংকেত $= CxHy$

অক্সিজেনের সহিত হাইড্রোকার্বনটির প্রজ্জ্বালন, নিম্নরূপে ঘটিবে



$$CxHy+\left(x+\frac{y}{8}\right) O_2 = xCO_2+\frac{y}{২} H_2O$$

এখন, KOH এর সহিত উৎপন্ন সংকোচন

= উৎপন্ন CO_2 এর আয়তন

∴ ২০ সি. সি. হাইড্রোকার্বন, ৪০ সি. সি. CO_2 উৎপন্ন করে।

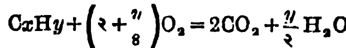
বা, ১ আয়তন „ ২ আয়তন „ „ „

বা, ১ অণু $CxHy$—২ অণু CO_2 উৎপন্ন করে।

কিন্তু প্রতি CO_2 এর অণুতে, ১টি করিয়া কার্বনের পরমাণু থাকে

অতএব, $x =$ ২

সুতরাং পূর্বের সমীকরণটিকে এখন নিম্নরূপে লেখা যায়—



$$CxHy+\left(২+\frac{y}{8}\right)O_2 = 2CO_2+\frac{y}{২}H_2O$$

যেহেতু, ১ অণু $C_2Hy - \left(২+\frac{y}{8}\right)$ অণুর অক্সিজেনের সহিত বিক্রিয়া করে

∴ ২০ সি. সি, C_2Hy—$২০\times\left(২+\frac{y}{8}\right)$ সি. সি. „ „ „

∴ $২০+২০\left(২+\frac{y}{8}\right) = ৪০+৪০$

বা, $২০\left(২+\frac{y}{8}\right) = ৬০$

বা, $y = ৪$

অর্থাৎ, হাইড্রোকার্বনটির সংকেত $= C_2H_4$

বা, হাইড্রোকার্বনটি ইথিলীন (**Ethylene**)।

দ্বিতীয় প্রণালী :

এই প্রণালীতে সমাধান কালে, নিম্নোক্ত সূত্রটি ব্যবহৃত হয় ; যথা

হাইড্রোকার্বনের আয়তন + প্রকৃত ব্যবহৃত অক্সিজেনের আয়তন + অব্যবহৃত অক্সিজেনের আয়তন

= প্রথম সংকোচনের আয়তন + দ্বিতীয় সংকোচনের আয়তন + অব্যবহৃত অক্সিজেনের আয়তন

∴ প্রকৃত ব্যবহৃত অক্সিজেনের পরিমাণ

= প্রথম সংকোচন + দ্বিতীয় সংকোচন — হাইড্রোকার্বনের আয়তন

গাণিতিক উদাহরণ

Find the molecular formula of a gaseous Hydrocarbon from the following data :

Vol of the gas taken = 20 c. c.
Exploded with excess of Oxygen.
1st Contraction = 30 c.c
Contraction with KOH = 40

সমাধান :—হাইড্রোকার্বনের আয়তন + ব্যবহৃত অক্সিজেনের আয়তন + অব্যবহৃত অক্সিজেনের আয়তন = প্রথম সংকোচনের আয়তন + দ্বিতীয় সংকোচনের আয়তন + অব্যবহৃত অক্সিজেনের আয়তন

বা, ২০ সি. সি. + ব্যবহৃত অক্সিজেনের আয়তন = (৩০ + ৪০) = ৭০ সি. সি.

∴ ব্যবহৃত অক্সিজেনের আয়তন = ৭০ − ২০ = ৫০ সি. সি.

এখন, KOH এর সহিত, উৎপন্ন সংকোচনের আয়তন = ৪০ সি, সি.

অর্থাৎ উৎপন্ন CO_2 এর আয়তন = ৪০ সি. সি.

কিন্তু ৪০ সি. সি. CO_2 এর মধ্যে, ৪০ সি. সি. অক্সিজেন থাকে।

∴ (৫০ − ৪০) বা ১০ সি. সি. অক্সিজেন, হাইড্রোকার্বন-মধ্যস্থ হাইড্রোজেনের সহিত যুক্ত হইয়াছে।

কিন্তু অক্সিজেন উহার দ্বিগুণ আয়তন হাইড্রোজেনের সহিত যুক্ত হয়।

অতএব ১০ সি. সি. অক্সিজেন অবশ্যই ২০ সি. সি. হাইড্রোজেনের সহিত যুক্ত হইয়াছে।

অর্থাৎ ২০ সি. সি. হাইড্রোকার্বনের মধ্যে ২০ সি. সি. হাইড্রোজেন বর্তমান ছিল এবং ঐ পরিমাণ হাইড্রোকার্বন প্রজ্বলিত হইয়া ৪০ সি. সি. CO_2 উৎপন্ন করিয়াছে—

বা অ্যাভোগাড্রো-প্রকল্পের প্রয়োগ করিয়া—

১ অণু হাইড্রোকার্বনের মধ্যে ১ অণু হাইড্রোজেন ছিল ও উহা হইতে ২ অণু CO_2 উৎপন্ন হইয়াছিল। অর্থাৎ—

১ অণু হাইড্রোকার্বনের মধ্যে ২টি হাইড্রোজেন পরমাণু ও ২টি কার্বন পরমাণু ছিল।

(∵ হাইড্রোজেন অণু দ্বি-পরমাণুক, এবং প্রতিটি CO_2 এর মধ্যে ১টি করিয়া কার্বনের পরমাণু থাকে)।

অর্থাৎ, হাইড্রোকার্বনটির সংকেত = C_2H_2

(গ) যুক্ত অক্সিজেনের আয়তন অজ্ঞাত, কিন্তু হাইড্রোকার্বনের ঘনত্ব ও প্রথম সংকোচনের আয়তন জানা আছে :

পূর্বে আলোচনা করা হইয়াছে যে,

হাইড্রোকার্বনের আয়তন + ব্যবহৃত অক্সিজেনের আয়তন
= প্রথম সংকোচনের আয়তন + দ্বিতীয় সংকোচনের আয়তন।

এখন, ব্যবহৃত অক্সিজেনের আয়তন = হাইড্রোকার্বন মধ্যস্থ হাইড্রোজেনের সহিত যুক্ত অক্সিজেনের আয়তন + হাইড্রোকার্বন-মধ্যস্থ কার্বনের সহিত যুক্ত অক্সিজেনের আয়তন। বা, ব্যবহৃত অক্সিজেনের যে অংশ কেবলমাত্র হাইড্রোকার্বন-মধ্যস্থ

হাইড্রোজেনের সহিত যুক্ত হইয়াছে, ইহার আয়তন = প্রথম সংকোচনের আয়তন − হাইড্রোকার্বনের আয়তন

অতএব, হাইড্রোকার্বন মধ্যস্থ হাইড্রোজেনের আয়তন = উপরোক্ত আয়তন অক্সিজেনের দ্বিগুণ = ২ × (প্রথম সংকোচন − হাইড্রোকার্বনের আয়তন)।

গাণিতিক উদাহরণ

(1) 20 c.c. of a gaseous Hydrocarbon are exploded with Oxygen avoiding excess. On cooling, the vol. contracts by 60 c.c. The density of the Hydrocarbon is 22. Find the formula.

সমাধান :—ধরা যাক্ হাইড্রোকার্বনের সংকেত = C_xH_y

কেবলমাত্র হাইড্রোজেনের সহিত যুক্ত অক্সিজেনের আয়তন = ৬০ − ২০ = ৪০ সি. সি.

∴ ২০ সি. সি. হাইড্রোকার্বনের মধ্যে বর্তমান, হাইড্রোজেনের আয়তন = ৮০ সি.সি.

অর্থাৎ, ১ আয়তন হাইড্রোকার্বনে, ৪ আয়তন হাইড্রোজেন আছে ;

বা n অণু হাইড্রোকার্বনের মধ্যে, ৪ × n অণু হাইড্রোজেন আছে।

বা ১ অণু C_xH_y এর মধ্যে,—৪ অণু, অর্থাৎ ৮ পরমাণু হাইড্রোজেন আছে।

∴ হাইড্রোকার্বনটির সংকেত = C_xH_8

এখন যেহেতু গ্যাসটির ঘনত্ব = ২২, উহার আণবিক ভার = ৪৪

∴ ১২x + ৮ = ৪৪

বা, x = ৩।

অতএব, হাইড্রোকার্বনটির নির্ণেয় সংকেত = C_3H_8

(2) Determine the molecular formula of Nitrogen peroxide at 154°C when its density is 23, given that 25 c.c. of the gas passed over heated Copper gave 12·5 c.c. of Nitrogen.

সমাধান :—ধরা যাক্ নাইট্রোজেন পারক্সাইডের সংকেত = N_xO_y

২৫ সি. সি. গ্যাসের মধ্যে—১২·৫ সি. সি. নাইট্রোজেন আছে

∴ ২ আয়তন " " — ১ আয়তন " "

বা, ২ আয়তন " " — ১ অণু " "

অর্থাৎ ২ পরমাণু " "

∴ ১ অণু " " — ১ পরমাণু

সুতরাং x = ১, এবং গ্যাসটির সংকেত = NO_y

কিন্তু গ্যাসটির ঘনত্ব (১৫৪° সে উষ্ণতায়) = ২৩

∴ গ্যাসটির আণবিক ভার = ২৩ × ২ = ৪৬

অর্থাৎ ১৪ + ১৬y = ৪৬

বা y = ২

অতএব, নাইট্রোজেন পারক্সাইডের নির্ণেয় সংকেত (১৫৪°সে উষ্ণতায়) = NO_2

অনুশীলনী—৮

1. What vol. of CO can be obtained theoretically from 100 liters of CO_2, both measured under standard conditions of temp. and pressure ?
C. U., 1931. [Ans. = 200 litres]

2. 40 c.c. of a mixture of CO and C_2H_2 gasses were mixed with 100 c.c. of Oxygen in a eudiometer and fired. After cooling, the residual gas occupied 104 c.c. and after treatment with potash the residual gas occupied 48 c.c. Find the composition of the original mixture. *All., 1915.* [Ans. CO = 60 p.c. ; C_2H_2 = 40 p. c.]

3. A mixture of 15 c.c. of Oxygen, 25 c.c. of Hydrogen, 15 c.c. of Marsh gas and 10 c.c. of Carbon monoxide is taken in a eudiometer tube and exploded. Find out the volume and composition of the residual gas.
[Ans, Vol = 27·5 c c. and Comp O = 2·5 c.c. ; CO_2 = 25 c c.]

4. What vol. of air would be required for the complete combusion of 100 litre of gas containing Hydrogen 46. Marsh gas 40 and Ethylene gas 14 per cent by volume ? Air contains 21 p.c. by vol. of Oxygen.
London I. Sc. [Ans. Vol = 690·47 litres]

5. One litre of a gas mixtnre of CO and CO_2 is found to give 1600 c.c. of CO_2 both measured under the same conditions. Calculate the composition by vol. of the gas mixture. *C. U. 1914.* [Ans. CO = 400 c.c. ; CO_2 = 600 c.c.]

6. 70 c.c. of CO are mixed with 28 c.c. of Oxygen and exploded. If the resulting mixture is shaken with Caustic potash, what vol. of gas will remain and what gas will it be ? *Bom. B. Sc., 1910.* [Ans. = 14 c.c. CO]

7. Considering Air is a mixture of 79 per cent by vol. of Nitrogen and 21 per cent by vol. of Oxygen, find the density of Air compared with Hydrogen. Also find the density of the vapour of Carbon disulphide compared with Air.

Solution—The density of Nitrogen is 14 and that of Oxygen is 16.

∴ 79 vols. of Nitrogen are as heavy as $(79 \times 14) = 1106$ vols. of H ; and 21 vols. of Oxygen are as heavy as $(21 \times 16) = 336$ vols of H.

Or, 100 vols. of the Air are as heavy as $(1106 + 336) = 1442$ vols. of H.

∴ Density of Air is $1442 \div 100 = 14·42$.

Again, the density of CS_2-vapour = mol. wt. $\div 2 = 38$. as compared with Hydrogen. As compared with Air its density is, therefore, $(38 \div 14·42) = 2·635$.

8. A sample of coal-gas contains 45% H ; 30% CH_4 ; 20% CO and 5% C_2H_4. 100 vols. of it were mixed with 160 vols. of Oxygen and exploded. Calculate the vol. and composition of the resulting mixture (all being dry gases). *Punj., 1916.*
[Ans. Vol. = 115 c.c. ; CO_2 = 60 c.c. O = 55 c.c.]

9. When 60 c.c. of a mixture of N_2O and NO were mixed with an equal volume of pure Hydrogen and exploded, 38 c.c. of pure Nitrogen were left. Calculate the quantity of each gas present in the original mixture.
All., 1906. [Ans. N_2O = 16 ; NO = 44]

10. 15 c.c. of NH_3 are completely decomposed by electric sparks in a eudiometer tube, 40 c. c. of Oxygen added and the mixed gases exploded. State the gas present and the volume of the each (*a*) just before exploding and (*b*) after exploding.

[Ans. Before explosion N = 7·5 c.c. ; O = 40 c.c. ; H = 2·5 c.c. After explosion N = 7·5 c.c. ; O = 28·75 c.c.]

11. Find the compositton of Nitrous oxide from the following data :—

Vol. of the gas taken	= 10 c.c.
Vol. after addition of H	= 28 c.c.
Vol. after explosion	= 18 c.c.
Vol. after addition of O	= 27 c.c.
Vol. after 2nd explosion	= 15 c.c.
(The vols. are reduced to N.T.P.)	

C. U. 1919

12. 25 c.c. of a mixture of gases consisting of Nitrogen and Nitric oxide is passed over ignited metallic Copper and the resultant product collected and found to occupy 20 c.c. Ascertain the percentage composition of the original mixture, the gases being measured at the same temp. and pressure.
C. U. 1920. [Ans. N = 60 p.c., NO = 40 p.c.]

13. 10 c.c. of a gaseous Hydrocarbon are exploded with 25 c.c. of Oxygen. The mixture contracts to 15 c.c. On adding KOH a further contraction of 10 c.c. takes place and the residue is pure Oxygen. What is the formula of the Hydrocarbon if its density be 8? *C. U., 1924.* [Ans. = CH_4]

14. You are given a mixture containing three parts by volume of Carbon Monoxide and one part by volume of Carbon dioxide. How would you convert the mixture completely into (*a*) Carbon monoxide; (*b*) Carbon dioxide? State the change in volume, if any, in each case. *C. U. 1925.*
[Ans. (*a*) From 4. vols. to 5 vols. (*b*) No change in vol.]

15. Assuming air to contain 21 per cent by volume of Oxygen, what volume of air at 27°C and 755 mm. will be required for the complete combustion of one litre each of the following gases at the same temperature and pressure;—(a) Hydrogen (*b*) Methane, (*c*) Carbon monoxide?
[Ans. (*a*) 2·38 litres. (*b*) 9·52 litres, (*c*) 2·38 litres]

16. What vols. of Carbonic oxide and Oxygen are required to produce 76 c.c. of Carbonic acid gas? [Ans. = 75 c.c. of CO and 37·5 c.c. of O]

17. 80 c.c. of a mixture of CH_4, H_2 and O_2 are exploded over Mercury; a contraction of 55 c.c. results: KOH absorbs 20 c.c. more. Find out the composition of the mixture before explosion. [Ans. CH_4 = 20 c.c., H = 10 c.c., O = 50 c.c.]

18. 50 vols, of a gas mixed with 70 vols. of O_2 give after explosion 50 vols. of CO_2, and after absorption by KOH, 45 vols. of Oxygen are left. What is the gas?
Pat, 1929. [Ans. = CO]

19. 19 c.c. of a gaseous Hydrocarbon were mixed with 90 c.c. of Oxygen and the mixture exploded in a eudiometer; after explosion the vol, of the mixture was 72 c.c. and on adding KOH, 36 c.c. of it disappeared leaving only Oxygen. What was the gas? *Pat.. 1929.* [Ans = C_2H_4]

20. The gas obtained by the action of conc, H_2SO_4 on Oxalic acid is passed rapidly through dilute KOH sol. and then dried. It was analysed in a eudiometer thus:

Vol. of gas	...	...	...	12·6 c.c.
Vol after adding Oxygen		...	...	21·1 c.c.
Vol. after explosion		...	...	16·9 c. c.
Vol. after absorption with KOH			...	4·3 c.c.

What do you conclude as to the nature of the gas?
[Ans. = CO = 8·4 c.c., CO_2 = 4·2 c.c.]

21. What vol. of Nitrogen at 20°C and 740 mm. will be obtained by the action of NH_3 on 800 c.c. of Chlorine at 15°C and 785 mm? [Ans. = 99·70c.c.]

22. 14 c.c. of mixture of CO_2, H_2 and O_2 occupy 6·5 c.c. on explosion and 1·5 c.c. of Oxygen are left behind after treatment with CaO. Find out the composition of the mixture. [Ans. CO_2 = 5 c.c.; H = 5 c.c., O = 4 c.c.]

23. 20 c.c. of a gaseous Hydrocarbon are exploded with excess of Oxygen. The contraction observed is 80 c.c. There is a further contraction of 40 c.c. on treatment with KOH. What is the molecular formula of the Hydrocarbon ?
C. U., 1937. [Ans. = C_2H_2]

24. 20 c.c. of a Hydrocarbon were exploded with 250 c.c. of air. The immediate contraction was 40 c.c. and the volume of CO_2 as found by KOH absorption was 20 c.c. What is the composition of the Hydrocarbon ? *C.U., 1932.* [Ans. = CH_4]

25. 11·2 litres of Cyanogen at N.T.P. are burnt in air. What are the products of combustion ? [Ans. = 22·4 litres of CO_2 and 11·2 litres of N_2]

26. A mixture of 5 c.c. of CH_4 and 15 c.c. of Oxygen is fired. Find the vol. and composition of the residual gas. [Ans. = 2·5 c. c. of O and 5 c.c. of CO_2]

27. Find the percentage amounts of Nitrogen, Hydrogen, CO and CO_2 in a mixture from the following :—

Vol. of mixture	= 100 c.c.
Vol. after absorption of CO_2	= 76 4. c.c.
Vol. after absorption of CO	= 60·2 c.c.
Vol. after addition of O_2	= 75·2 c.c.
Vol. of. Nitrogen left	= 30·2 c.c.

[Ans. CO_2 = 23·6 : CO = 16·2 ; H = 30 ; N = 30·2]

28. A mixture of equal vols. of CO and Oxygen is exploded. What will be the nature and vol. of the residual gas ?

[Ans. CO_2 = half of the vol. of the mixture : O = one fourth of the vol. of the mixture.]

29. Electric sparks are passed into a mixture of 20 c.c. of H_2, 20 c.c. of CH_4 and 60 c.c, of O_2 Find the vol. and composition of the residul gas.
[Ans. CO_2 = 20 c.c.. O_2 = 10 c.c.]

30. 20 c.c. of a gaseous Hydrocarbon exactly required 40 c.c. of Oxygen for combusition. Hydrogen combined with Oxygen to form water and 20 c.c. of CO_2 were produced. What was the Hydrocarbon ? [Ans. = CH_4]

31. 30 c.c. of Nitrogen peroxide when passed over heated Copper yield 15 c.c. of Nitrogen under the same conditions of temp. and pressure, The vapour density of the compound at 154°C is found to be 22·88. What is its molecular formula ?
[Ans. = NO_2]

32. 15 c.c. of a mixture of Nitrogen and Oxygen exploded with the same vol. of Hydrogen. The resulting vol. is 13·8 c.c. containing Nitrogen and Hydrogen only. Calculate the composition of the original mixture.
[Ans. O : N = 5·4 c.c. : 9·6. c.c.]

33. 8 c.c. of Nitric oxide were heated with a spiral of iron by means of electric current. On cooling. the vol. of gas left was found to be 4 c.c. at the original temp. and pressure. (186 8 c.c. of Nitric oxide at N.T.P. weigh 183 gms.). Deduce the formula of Nitric oxide from these data. [Ans. NO]

34. If ·027 gm. of water was produced after explosion of 150 c.c. of a mixture of N_2O_2, CO and C_2H_2 with Oxygen, what was the percentage by vol. of C_2H_2 in the original mixture ? *Bom. B. Sc., 1918.* [Ans. = 22·4 p. c.]

35. 10 c.c. of Nitric oxide are mixed with electrolytic gas and sparked. On cooling, the vol. becomes 15 c.c. After adding alkaline pyrogallate, the vol. of the residual gas (Nitrogen) is found to be 10 c.c. Deduce the formula of Nitrous oxide. [Ans. = N_2O]

36. 29 c.c. of mixture of CO_2, H_2, N_2 and O_2 at N. T. P. decreases to 21 c.c. when shaken with KOH. A further contraction of 15 c.c. is observed when an electric spark is passed through the remaining gas but there is no further contraction when the residual gas is shaken with alkaline pyrogallate. Calculate the percentage composition by vol. of the original mixture.

[Ans. $CO_2 = 27.58$; $H_2 = 34.48$; $O_2 = 17.24$; $N_2 = 20.69$]

37. A mixture of Carbonic oxide, Methane and Ethane (C_2H_4) measuring 10 c.c. was mixed with 40 c.c. of Oxygen and fired in a moist eudiometer. After cooling, the residual gases were found to consist of 12 c.c. of Carbon dioxide and 23 c.c. of unconsumed Oxygen. What was the compositisn of the mixture?

Manch. Hon. [Ans. CO = 4 c.c. ; $CH_4 = 4$ c.c. ; $C_2H_4 = 2$ c.c.]

38. 25 c.c. of Oxygen are subjected to silent electric discharge and the vol. becomes 20 c.c. What is the composition of the residual gases?

[Ans. $O_3 = 10$ c.c. ; $O_2 = 10$ c.c.]

39. 12 c.c. of a gaseous Hydrocarbon when exploded with excess of Oxygen underwent a contraction of 24 c.c. and on being treated with KOH, a further contraction of 72 c.c. occurred. What was the Hydrocarbon? [Ans. = CH_4]

40. 25 c.c. of a gaseous Hydrocarbon were sparked with 400 c.c. of CO_2 free air. The volume after explosion was found to be 375 c.c. On treatment with KOH, there was a further diminution and the volume became 325 c.c. What was the Hydrocarbon? [Ans. = C_2H_4]

41. A mixture of formic and Oxalic acid is heated with conc. H_2SO_4. The gaseous product is passed into KOH sol, whereby the vol. decreases to one-sixth. What was the molecular proportion of the organic acids in the mixture?

[Ans. = 4 : 1]

দ্বিতীয় ভাগ

প্রথম অধ্যায়

ওজোন

(Ozone)

আণবিক সংকেত $= O_3$ আণবিক ভার $= ৪৮$ ঘনত্ব $= ২৪$

১৭৯৫ খৃষ্টাব্দে **ভ্যান মরাম** (Van Marum) ও ১৮০১ খৃষ্টাব্দে **ক্রুইকস্যাংক** (Cruikshank) ওজোনের অস্তিত্ব আবিষ্কার করেন। ১৮৪০ খৃষ্টাব্দে **সোনবাঁ** (Schonbain) সর্বপ্রথম ওজোন গ্যাসকে পরীক্ষাগারে প্রস্তুত করেন; ওজোন গ্যাসের একটি বিচিত্র গন্ধের জন্যেই সোনবাঁ, উহার ঐরূপ নামকরণ করেন; (Ozo = I smell)।

।ঃ

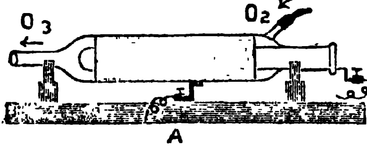
পৃথিবীর ঊর্ধ বায়ুমণ্ডলে ওজোনের অস্তিত্ব দেখা যায়। সমুদ্র বায়ুতে অতি অল্প পরিমাণে প্রাকৃতিক ওজোনের অস্তিত্ব দেখিতে পাওয়া যায়। ইহা ছাড়া উচ্চশক্তির বৈদ্যুতিক যন্ত্রাদি চালনার কালে, তড়িৎপাতের কালে বা অম্লীকৃত জলের তড়িদ্‌ বিশ্লেষের কালে, অল্প পরিমাণে ওজোনের উৎপত্তি হইয়া থাকে। রেডিয়ম হইতে বিকীরিত তেজস্ক্রিয় রশ্মি অক্সিজেনের সহিত বিক্রিয়ায় ওজোন উৎপন্ন করিয়া থাকে।

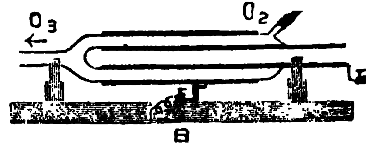
ওজোনের প্রস্তুতি ঃ

বায়ু বা অক্সিজেনের সহিত আলট্রাভায়োলেট (Ultraviolet) বা অতি বেগুনীরশ্মির সংযোগ ঘটিলে, বা আর্দ্রবায়ুতে ফসফোরাসের মৃদুজারণ (slow-oxidation) ঘটিলে, অক্সিজেন ওজোনে রূপান্তরিত হয়। 0° সে উত্তাপে রক্ষিত জলের সহিত ফ্লোরিণের বিক্রিয়ায় যে অক্সিজেন উৎপন্ন হয়, উহার প্রায় ১২% অংশ ওজোন-রূপে পাওয়া যায়।

অক্সিজেনের সহিত মিশ্রিতাবস্থায় ওজোন প্রস্তুতির ক্ষেত্রে **সিমেন্সের** (Simen's) বা **ব্রুডির** (Brodies) যন্ত্রই অধিক ব্যবহৃত হয়। উভয় যন্ত্রেই অনার্দ্র অক্সিজেনে **নিঃশব্দ তড়িৎপাত** (Silent electric discharge) ঘটাইয়া, ওজোন উৎপন্ন করা হইয়া থাকে।

১। সিমেন্সের যন্ত্র ও ওজোনের প্রস্তুতি :



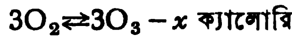


সিমেন্সের ওজন প্রস্তুতির যন্ত্র

A—সাধারণ চিত্র চিত্র—১০ B—লম্বচ্ছেদী চিত্র

সিমেন্সের যন্ত্রে প্রধান অংশ দুইটি একমুখবন্ধ কাঁচের নল। নল দুইটি সমাক্ষ-বিশিষ্ট (coaxial) এবং ক্ষুদ্র নলটি বৃহত্তর নলটির মধ্যে বিপরীতমুখে প্রবিষ্ট থাকে। বিহঃস্থ নলটিতে একটি পার্শ্বনলও যুক্ত থাকে ইহা ছাড়া অন্তঃস্থ নলটির ভিতরের দিক ও বহিঃস্থ নলটির বাহিরের দিক টিনের পাত দ্বারা আংশিক আবৃত থাকে (চিত্র—১০)।

পরীক্ষার প্রারম্ভে টিনের পাত দুইটিকে যথাক্রমে তারের সাহায্যে তড়িৎসঞ্চারী রামকর্ফ কুণ্ডলীর (Ruhmkorff's coil) সহিত যুক্ত করা হয় ও তৎসহিত পার্শ্বনল দিয়া অনার্দ্র-অক্সিজেনের একটি মৃদুপ্রবাহ যন্ত্রটির মধ্যে চালনা করা হয়। ফলে প্রবাহিত অক্সিজেনের মধ্য দিয়া একটি নিঃশব্দ তড়িৎপাত ঘটিতে থাকে ও অক্সিজেন সংবদ্ধ হইয়া অংশতঃ ওজোনে রূপান্তরিত হয়। অতিরিক্ত অক্সিজেনের সহিত মিশ্রিতাবস্থায় উৎপন্ন ওজোন বাহির হইয়া আসে। এই প্রণালীতে, প্রবাহিত অক্সিজেনের প্রায় ১০—১৫%, ওজোনে রূপান্তরিত হইয়া থাকে।



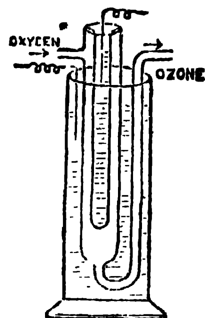
$$3O_2 \rightleftharpoons 3O_3 - x \text{ ক্যালোরি}$$

২। ব্রুডির যন্ত্র ও ওজোন প্রস্তুতি :

ব্রুডির যন্ত্র, প্রধানতঃ, একটি বিশেষরূপে নির্মিত কাঁচের U-টিউব। ইউ-টিউবটির একটি বাহু চওড়া ও পার্শ্বনলযুক্ত এবং অপরটি সরু। চওড়া বাহুটির মুখে একটি কাঁচের টেষ্ট-টিউব প্রবিষ্ট করাইয়া সংযোগস্থলটি গলাইয়া বন্ধ করিয়া দেওয়া হয়, ও ফলে চওড়া বাহুটির গাত্রে ও প্রবিষ্ট কাঁচনলটির গাত্রের মধ্যে একটি গোলাকার শূন্যস্থান থাকে।

পরীক্ষার প্রারম্ভে, ইউ-টিউবটিকে একটি বীকারে রক্ষিত লঘু $CuSO_4$ বা H_2SO_4 দ্রবণে প্রায়-নিমজ্জিত অবস্থায় স্থাপন করা হয় ও চওড়া বাহুটির উপরে সংযুক্ত টেষ্ট-টিউবটিতেও অনুরূপ দ্রবণে পূর্ণ করা হয়। এখন বীকারের দ্রবণের মধ্যে একটি প্লাটিনম তার ও টেষ্ট-টিউবটির দ্রবণের মধ্যে একটি প্লাটিনম তার প্রবিষ্ট করাইয়া তার দুইটির অপর প্রান্তগুলি রামকর্ফ-কুণ্ডলীর সহিত যুক্ত করিয়া তড়িৎ

চালনা করা হয় এবং ইউ-টিউবটির চওড়া বাহুর পার্শ্বনল দিয়া অক্সিজেনের অতি মৃদু প্রবাহ চালনা করা হয়। ফলে, প্রবাহিত অক্সিজেনের মধ্য দিয়া ক্রমান্বয়ে নিঃশব্দ তড়িৎপাত ঘটিয়া অক্সিজেন অংশতঃ ওজোনে রূপান্তরিত হয় (চিত্র ১১)।



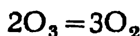
চিত্র—১১
ক্রডির ওজন প্রস্তুত যন্ত্র

পরীক্ষাকালে যন্ত্রটিকে 0° সে উষ্ণতায় রাখিয়া স্ফুলিংগহীন তীব্র তড়িৎপ্রবাহ চালনা করিলে, প্রবাহিত অক্সিজেনের প্রায় ২৫% ওজোনে রূপান্তরিত হয়।

বিশুদ্ধ ওজোন ঃ

সিমেন্সের বা ক্রডির যন্ত্র হইতে প্রাপ্ত ওজোন, সর্বদাই অক্সিজেনের সহিত মিশ্রিতাবস্থায় পাওয়া যায়। এই মিশ্র হইতে বিশুদ্ধ ওজোন পৃথক করিতে হইলে, প্রথমতঃ মিশ্রটিকে – ১১২.৪° সেন্টিগ্রেড উষ্ণতায় শীতল করা হয়; ফলে, ওজোন তরলীভূত হইয়া থাকে, কিন্তু অক্সিজেন হয় না (অক্সিজেনের হিমাংক – ১৮২.৯° সে.)। সুতরাং তরল ওজোনকে, সহজেই অক্সিজেন হইতে পৃথক করা যায়।

তরল ওজোন একটি ঘন-নীল রঙের অতি বিস্ফোরক পদার্থ এবং উহা সহজেই অক্সিজেনে বিয়োজিত হইয়া থাকে।



$$2O_3 = 3O_2$$

ওজোনের ধর্ম ঃ

১। ভৌত ধর্মাবলী ঃ

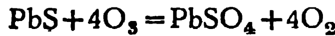
ওজোন একটি নীলাভ বর্ণের, আমিষ গন্ধযুক্ত গ্যাস। – ১১২.৪° সে. উষ্ণতায় ওজোন তরলীভূত হয়। তরল ওজোন একটি ঘন নীল অতি বিস্ফোরক পদার্থ। ওজোন, অক্সিজেন অপেক্ষা জলে অধিক দ্রবণীয়, এবং তার্পিন তৈলে (oil of turpentine) সহজেই দ্রবণীয়।

২। রাসায়নিক ধর্মাবলী ঃ

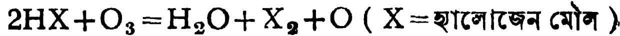
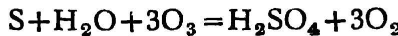
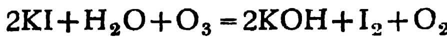
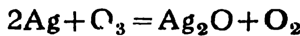
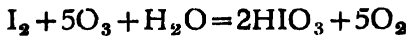
ওজোন অক্সিজেন অপেক্ষা বহুগুণে সক্রিয়। ইহা দহনের সহায়ক। রাসায়নিক বিক্রিয়াগুলিতে, ওজোন একটি উত্তম জারক পদার্থরূপে বিক্রিয়া করিয়া থাকে। উদাহরণ স্বরূপ, ওজোনের সংস্পর্শে কৃষ্ণবর্ণ PbS, শ্বেতবর্ণের $PbSO_4$ রূপে; সালফার ডায়কসাইড, SO_3 রূপে; ষ্ট্যানস ক্লোরাইড ($SnCl_2$) ষ্ট্যানিক ক্লোরাইড ($SnCl_4$)-রূপে হ্যালোজেন অম্লগুলি; হ্যালোজেন ও জলরূপে; আর্দ্র অ্যামোনিয়া, অ্যামোনিয়ম নাইট্রাইট (NH_4NO_2) ও অ্যামোনিয়ম নাইট্রেট (NH_4NO_3) রূপে এবং S, P ও As উহাদের অক্সি-এসিডরূপে জারিত হইয়া থাকে।

ওজোন বহু ধাতুর সহিতও বিক্রিয়া করিয়া থাকে। ওজোনের সংস্পর্শে পারদের তারল্য (mobility) বিনষ্ট হইয়া থাকে; সম্ভবতঃ ওজোনের সংস্পর্শে, পারদ, Hg_2O উৎপন্ন করে ও উহার ফলেই পারদের তারল্য বিনষ্ট হইয়া থাকে।

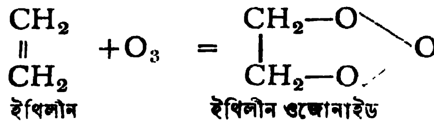
ওজোনের সংস্পর্শে, পটাশিয়ম আয়োডাইডের উদাসীন দ্রবণ (neutral solution) হইতে, আয়োডিন উদ্ভূত হয়; ওজোন, কঠিন ও আর্দ্র আয়োডিনকে আয়োডিক এসিডরূপে এবং অনার্দ্র আয়োডিনকে আয়োডিন অক্সাইডরূপে (I_4O_9) জারিত করিয়া থাকে। নিম্নে ওজোনের জারণ-ক্রিয়ার কয়েকটি সমীকরণ দেওয়া হইল—


$$PbS+4O_3=PbSO_4+4O_2$$

$$3SO_2+O_3=3SO_3$$

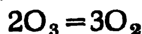
$$3SnCl_2+6HCl+O_3=3SnCl_4+3H_2O$$

$$2HX+O_3=H_2O+X_2+O \text{ (X = হ্যালোজেন মৌল)}$$

$$S+H_2O+3O_3=H_2SO_4+3O_2$$

$$2KI+H_2O+O_3=2KOH+I_2+O_2$$

$$2Ag+O_3=Ag_2O+O_2$$

$$I_2+5O_3+H_2O=2HIO_3+5O_2$$

ওজোন, বহু জৈব পদার্থের সহিতও বিক্রিয়া করে; বিশেষতঃ, অপূর্ণ জৈব-যৌগিকগুলি, যথা ইথিলীন, বেনজিন টার্পেণ্টাইন প্রভৃতি সহজেই ওজোনের সহিত বিক্রিয়া করিয়া থাকে, এবং ওজোনাইড (ozonide) শ্রেণীর যৌগিক উৎপন্ন করে।

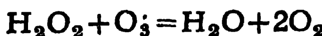


ওজোন, রঙীন জৈব পদার্থের সহিত অনেক ক্ষেত্রে বিক্রিয়া করিয়া বর্ণহীন জারিত পদার্থ উৎপন্ন করে এবং সেজন্য ওজনকে একটি বিরঞ্জক পদার্থ (bleaching agent) রূপে ব্যবহার করা হয়।

ওজোন উত্তাপের প্রভাবে অক্সিজেনে বিয়োজিত হয়, এবং ২৫০—৩০০° সে. উত্তাপে, বা Ag, Pt প্রভৃতি ধাতুর প্রভাবনে, বা ম্যাংগানিজ অক্সাইড, লেড অক্সাইড, কোবল্ট অক্সাইড প্রভৃতির সান্নিধ্যে সম্পূর্ণরূপে অক্সিজেনে বিয়োজিত হইয়া থাকে—


$$2O_3=3O_2$$

হাইড্রোজেন পারক্সাইড, বেরিয়ম পারক্সাইড প্রভৃতি জারক পদার্থ, ওজোনের সহিত বিক্রিয়ার ফলে বিজারিত হয়; যথা—


$$H_2O_2+O_3=H_2O+2O_2$$

$$BaO_2+O_3=BaO+2O_2$$

ওজোনের নিরীক্ষা :

নিম্নলিখিত ধর্মগুলি হইতে ওজোনের নিরীক্ষা করা যায়—

(ক) ওজোনের একটি আমিষ-গন্ধ (fishy odour) আছে।

(খ) আয়োডাইড ও স্টার্চযুক্ত ফিল্টার কাগজ, ওজোনের সান্নিধ্যে নীলবর্ণ ধারণ করে।

(গ) বেনজিডিন (benzidine) যুক্ত ফিল্টার কাগজ, ওজোনের সান্নিধ্যে বাদামী বর্ণ ধারণ করে।

(ঘ) টেট্রামিথাইল বেসের (tetramethyl base) অ্যালকোহলীয় দ্রবণে ভিজান ফিল্টার কাগজ, ওজোনের সান্নিধ্যে বেগুনি বা গোলাপী বর্ণ ধারণ করে।

(ঙ) ওজোন, পটাশিয়ম পারম্যাংগানেট দ্রবণকে বর্ণহীন করিতে পারে না।

(চ) ওজোন, তার্পিন-তৈল, দারুচিনি-তৈল (oil of cinamon) প্রভৃতির দ্বারা শোষিত হইয়া থাকে।

পানীয় জল বা ভূগর্ভস্থ রেলপথের বায়ুর বিশুদ্ধিকরণ ও জীবাণুশূন্যকরণে ওজোন ব্যবহার হয়। তৈল, মোম, হস্তীদন্ত প্রভৃতির বিরঞ্জনে ওজোন ব্যবহৃত হয়। জৈব পদার্থ জারিত করার জন্য ওজোন ব্যবহৃত হইয়া থাকে।

প্রথম অধ্যায়—সংযোজন

সমকৌলতা (Allotropy) :

কতকগুলি মৌলের একটি বিশিষ্ট ধর্ম দেখা যায় যে, উহারা একাধিকরূপে বর্তমান থাকে। একই মৌল হইতে জাত, এই বিভিন্ন রূপগুলির পরস্পরের মধ্যে ভৌত ধর্মের এবং কোনো কোনো ক্ষেত্রে রাসায়নিক ধর্মেরও পার্থক্য লক্ষিত হয়। মৌলের এই পৃথক পৃথক রূপে বর্তমান থাকার সহজাত ধর্মকে, **সমকৌলতা** (allotropy) ও পৃথক পৃথক রূপগুলিকে **মৌলের সমকৌলিক রূপ** (allotropic modification of the element) বলা হয়।

উদাহরণ স্বরূপ, একই মৌল কার্বন—হীরক, গ্রাফাইট, ভূষাকালি, কাঠকয়লা প্রভৃতিরূপে বর্তমান থাকে। এই রূপগুলির প্রতিটিকেই কার্বন মৌলের সমকৌলিক রূপ অ্যাখ্যা দেওয়া হয়। অক্সিজেন মৌলও, অক্সিজেন এবং ওজোন দুইটি পৃথকরূপে বর্তমান থাকে। এ ক্ষেত্রে ওজোনকে, অক্সিজেন মৌলের সমকৌলিক রূপ বলা হয়। সাধারণতঃ, অধাতু মৌলগুলির মধ্যেই সমকৌলতার ধর্ম অধিক লক্ষ্য করা যায়। এইরূপ সমকৌলতা সম্পন্ন অন্যান্য মৌলের মধ্যে, সিলিকন, ফসফোরাস গন্ধক, টেলুরিয়ম প্রভৃতি উল্লেখযোগ্য

একই মৌল বিভিন্ন সমকৌলিকরূপে বর্তমান থাকিলে, প্রকৃতিতে সর্বাধিক মাত্রায় বর্তমান রূপটিকেই **মৌলরূপ**, এবং অপেক্ষাকৃত অল্পমাত্রায় বর্তমান রূপগুলিকে **সমকৌলিক রূপ** বলা হয়। যেমন, ওজোন ও অক্সিজেনের মধ্যে, অক্সিজেনই প্রকৃতিতে বহুল পরিমাণে বিদ্যমান থাকায়, উহাকেই মৌলরূপ বলিয়া গ্রহণ করা হয় এবং **ওজোনকে অক্সিজেনের সমকৌলিক রূপ বলা হয়।**

একই মৌলের সমকৌলিক রূপগুলির মধ্যে যে ভৌত ও রাসায়নিক ধর্মের পার্থক্য পরিলক্ষিত হয়, উহার কারণ—বিভিন্ন সমকৌলিক রূপগুলির অণুতে বিভিন্ন মাত্রায় মৌলের পরমাণু বর্তমান থাকে ও ফলে, অন্তর্নিহিত রাসায়নিক শক্তির মাত্রাভেদ ঘটে, এবং বিভিন্ন সংখ্যক পরমাণু সংখ্যা, বিভিন্নরূপে কেলাস গঠন করিয়া ধর্মের পার্থক্য ঘটায়।

ওজোন, অক্সিজেনের সমকৌলিক রূপ ঃ

একটি নলে বিশুদ্ধ ও অনার্দ্র অক্সিজেন পূর্ণ করিয়া, নিংশব্দ তড়িৎপাত ঘটান হইল এবং পরীক্ষা শেষে পটাশিয়াম আয়োডাইড ও স্টার্চ দ্রবণযুক্ত একটি ফিল্টার কাগজ প্রবিষ্ট করান হইল ; দেখা যায় যে, কাগজটি নীলবর্ণ ধারণ করে। পরীক্ষার ফলে ইহাই প্রমাণিত হয় যে অক্সিজেন ওজোনে রূপান্তরিত হইয়াছে (কারণ, কেবলমাত্র অক্সিজেন, আয়োডাইডযুক্ত স্টার্চ দ্রবণকে নীল করে না)। অতএব, সিদ্ধান্ত করা যায় যে কেবলমাত্র অক্সিজেন হইতেই ওজনের উদ্ভব হয়।

এখন সমগ্র নলটিকে ৩০০° সে উত্তপ্ত করা হইল ও নলটিকে শীতল করিয়া পুনর্বার আয়োডাইড ও স্টার্চ দ্রবণ-লিপ্ত একটি ফিল্টার কাগজ প্রবিষ্ট করান হইল। দেখা যায় যে, কাগজটির কোন পরিবর্তন ঘটে না। অর্থাৎ ওজোন সম্পূর্ণরূপে বিয়োজিত হইয়াছে। এখন নলটিতে কিছু ক্ষারীয় পাইরোগ্যালেট দ্রবণ যোগ করিয়া ঝাঁকাইয়া একটি জলপূর্ণ পাত্রের উপর উপুড় করিয়া দিলে, সমস্ত নলটি জলে পূর্ণ হইয়া যায়। পরীক্ষার ফলে ইহাই প্রমাণিত হয় যে ওজোন বিয়োজিত হইয়া কেবলমাত্র অক্সিজেনই উৎপন্ন করে।

সুতরাং অক্সিজেন ও ওজোন একই মৌলের সমকৌলিক প্রকার ভেদ মাত্র।

দ্বিতীয় অধ্যায়

হাইড্রোজেন পারক্সাইড

(Hydrogen Peroxide)

আণবিক সংকেত—H_2O_2 আণবিক ভার—৩৪

আবিষ্কার ঃ

১৮১৮ খৃষ্টাব্দে থেনার্ড (Thenard), হাইড্রোজেন পারক্সাইড আবিষ্কার করেন।

প্রাকৃতিক অস্তিত্ব ঃ

বায়ুতে ও কোনো কোনো উদ্ভিদে অতি অল্প পরিমাণে, হাইড্রোজেন পারক্সাইড বর্তমান থাকে।

হাইড্রোজেন পারক্সাইডের উৎপাদন ও প্রস্তুতি ঃ

জলের তড়িদ্ বিশ্লেষকালে, অথবা অক্সিজেন দ্রবণে অতি-বেগুনী বা রেডিয়ম-রশ্মির ক্রিয়ায়, হাইড্রোজেন পারক্সাইড উৎপন্ন হইয়া থাকে। হাইড্রোজেন বা কার্বন মনোক্সাইডের জ্বলন্ত শিখা, বরফের উপর চালিত করিলে, সামান্য পরিমাণে হাইড্রোজেন পারক্সাইড উৎপন্ন হইয়া থাকে। অনার্দ্র-ইথার (ether) সূর্যালোকের সংস্পর্শে অল্পমাত্রায় H_2O_2 উৎপন্ন করে।

পরীক্ষাগারে হাইড্রোজেন পারক্সাইডের প্রস্তুতি ঃ

১। বেরিয়ম পারক্সাইড প্রণালী (from Barium peroxide) ঃ

বরফে শীতলীকৃত একটি বীকারে, কিছু সোদক (hydrated) বেরিয়ম্ পারক্সাইড ($BaO_2,8H_2O$) চূর্ণ লইয়া, উহার সহিত অল্প পরিমাণ জল মিশ্রিত করিয়া একটি কাথ (paste) প্রস্তুত করা হইল ও ঐ কাথে শীতল ও লঘু H_2SO_4 দ্রবণ ধীরে ধীরে যোগ করিয়া, আলোড়ন করিয়া অম্লীকৃত করা হইল। BaO_2, যুক্ত H_2SO_4-এর সহিত বিক্রিয়া করিয়া $BaSO_4$ ও H_2O_2 উৎপন্ন করে—



$$BaO_2+H_2SO_4=BaSO_4+H_2O_2$$

এখন দ্রবণটিকে কিছুকাল নিশ্চল রাখিয়া দিলে, অদ্রাব্য $BaSO_4$ অধঃক্ষেপরূপে নিম্নে জমে ও উপরিস্থ স্বচ্ছ H_2O_2-এর দ্রবণ পাওয়া যায়। উপরিস্থ স্বচ্ছ দ্রবণটিকে পরিস্রাবণ করিয়া, উহার মধ্যস্থ অতিরিক্ত H_2SO_4—বেরিয়ম হাইড্রক্সাইড দ্রবণ যোগ করিয়া প্রশমিত করা হয় ও পুনর্বার পরিস্রাবণ করা হয়। পরিস্রুৎ স্বচ্ছ দ্রবণ যাহা পাওয়া যায়—উহাই হাইড্রোজেন পারক্সাইডের জলীয় দ্রবণ।

উপরোক্ত প্রক্রিয়ায়, H_2SO_4 এর পরিবর্তে H_3PO_4 অম্লও ব্যবহার করা যায়। সেক্ষেত্রে, অদ্রাব্য বেরিয়ম ফসফেট [$Ba_3(PO_4)_2$] ও হাইড্রোজেন্ পারক্সাইড উৎপন্ন হয়—



$$3BaO_2+2H_3PO_4=Ba_3(PO_4)_2+3H_2O_2$$

শেষোক্ত প্রণালীটি অনুসরণ করা অধিক বাঞ্ছনীয়, কারণ উৎপন্ন হাইড্রোজেন পারক্সাইড দ্রবণে যে অতিরিক্ত ফসফোরিক এসিড থাকিয়া যায়, উহা অপরা-প্রভাবক (negative cytalyst) রূপে ক্রিয়া করিয়া—উৎপন্ন হাইড্রোজেন পারক্সাইডের বিয়োজন রোধ করিয়া থাকে।

২। মার্কের পারহাইড্রল প্রণালী (Merck's Perhydrol Process) ঃ

বরফে শীতলকৃত একটি ২০% শক্তির H_2SO_4 দ্রবণে ধীরে ধীরে উপযুক্ত পরিমাণ সোডিয়ম পারক্সাইড যোগ করিলে, H_2O_2 উৎপন্ন হইয়া থাকে—



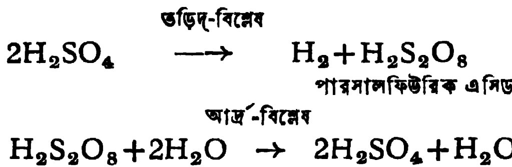
$$Na_2O_2+H_2SO_4=Na_2SO_4+H_2O_2$$

বিক্রিয়ার শেষে, সমগ্র দ্রবণটিকে শীতল করিলে (−২° সে উষ্ণতা), উৎপন্ন সোডিয়ম সালফেট Na_2SO_4, $10H_2O$ কেলাসরূপে অধঃক্ষিপ্ত হয় ও পরিস্রাবণ সাহায্যে উহাকে পৃথক করিয়া লওয়া যায় এবং পরিস্রুতরূপে হাইড্রোজেন পারক্সাইডের দ্রবণ পাওয়া যায়। এই প্রণালীতে প্রায় ৩০% শক্তির হাইড্রোজেন পারক্সাইড উৎপন্ন হইয়া থাকে।

হাইড্রোজেন পারক্সাইডের শিল্প-প্রস্তুতি ঃ

আধুনিক তড়িৎ-বিশ্লেষ-প্রণালী ঃ

নিম্ন-উষ্ণতায় রক্ষিত গাঢ় (৫০%) সালফিউরিক এসিড দ্রবণকে, উচ্চশক্তির তড়িদ্‌যোগে তড়িদ্‌বিশ্লেষ করিলে, পারসালফিউরিক এসিড (persulphuric acid) নামে একটি অক্সি-এসিড উৎপন্ন হইয়া থাকে ; এই পারসালফিউরিক এসিড দ্রবণের জলের সহিত আর্দ্র-বিশ্লেষ (hydrolysis) বিক্রিয়ায়, হাইড্রোজেন পারক্সাইড ও সালফিউরিক এসিডে রূপান্তরিত হয়।



তড়িদ্-বিশ্লেষ

$$2H_2SO_4 \longrightarrow H_2+H_2S_2O_8$$

পারসালফিউরিক এসিড

আর্দ্র-বিশ্লেষ

$$H_2S_2O_8+2H_2O \rightarrow 2H_2SO_4+H_2O_2$$

উৎপন্ন হাইড্রোজেন পারক্সাইড ও সালফিউরিক এসিডের মিশ্রদ্রবণকে নিম্নচাপে পাতন করিলে, হাইড্রোজেন পারক্সাইড প্রথমাংশে পাতিত হইয়া পৃথক হইয়া যায় ও অবশিষ্ট সালফিউরিক এসিডকে পুনরায় তড়িদ্‌বিশ্লেষ করিয়া পারসালফিউরিক এসিড, তথা হাইড্রোজেন পারক্সাইডের পুনরুৎপাদন করা চলে। একই সালফিউরিক এসিড হইতে বারম্বার হাইড্রোজেন পারক্সাইড এইরূপে প্রস্তুত করা যায় বলিয়া, এই প্রণালীটি হাইড্রোজেন পারক্সাইডের শিল্প-প্রস্তুতির ক্ষেত্রে বিশেষ উপযোগী।

বিশুদ্ধ হাইড্রোজেন পারক্সাইডের প্রস্তুতি ঃ

উপরে আলোচিত বিভিন্ন প্রণালীতে প্রস্তুত হাইড্রোজেন পারক্সাইড সর্বদাই

জলের সহিত মিশ্রিতাবস্থায় দ্রবণরূপে পাওয়া যায়। এই মিশ্র-দ্রবণ হইতে বিশুদ্ধ হাইড্রোজেন পারক্সাইডের পৃথকীকরণ, কিছু কঠিন; কারণ, পাতন-প্রক্রিয়ায় জলের দূরীকরণ করিতে গেলে, উষ্ণতায় হাইড্রোজেন পারক্সাইডেরও বিয়োজন ঘটিয়া থাকে;

জল হইতে হাইড্রোজেন পারক্সাইডের পৃথকীকরণ ও বিশুদ্ধ হাইড্রোজেন পারক্সাইডের প্রস্তুতির জন্য, নিম্নলিখিত প্রণালীটি অনুসৃত হইয়া থাকে। প্রথমতঃ হাইড্রোজেন পারক্সাইডের জলীয় দ্রবণকে একটি উষ্ণ জলগাহের (water bath) উপর ৬০°—৭০° সে উষ্ণতায় উত্তপ্ত করিলে আংশিকরূপে জল দূরীভূত হয় ও প্রায় ৬৬% ঘন হাইড্রোজেন পারক্সাইড পাওয়া যায়। এই হাইড্রোজেন পারক্সাইডকে একটি পাতন ফ্লাস্কে লওয়া হয় ও পাতন ফ্লাস্কের সহিত শীতক সংযুক্ত করিয়া, শীতকের সহিত একটি বিশেষরূপে নির্মিত গ্রাহক পাত্র যুক্ত করা হয়। গ্রাহক পাত্রটির সহিত একটি নল যুক্ত করিয়া, নলটির সাহত একটি শোষক-পাম্প (suction-pump) যোগ করা হয় ও পাম্পটি চালনা করিয়া পাতন যন্ত্রের মধ্যের বায়ু শোষণ করিয়া, যন্ত্রমধ্যস্থ বায়ুচাপ কমাইয়া দেওয়া হয়; এখন পাতন-ফ্লাস্কটিকে ৩৫—৪০° সে উষ্ণতায় উত্তপ্ত করিলে, অনুপ্রেষ-পাতন (distillation under reduced pressure) ঘটিয়া জল পাতিত হইয়া যায়। পরে পাতন-ফ্লাস্কটিকে ৭০° সে উষ্ণতায় উত্তপ্ত করিলে হাই-ড্রোজেন পারক্সাইডের পাতন ঘটিয়া থাকে এবং পৃথক গ্রাহক যন্ত্রে উহা সংগ্রহ করা যায়। এই সংগৃহীত হাইড্রোজেন পারক্সাইডের ঘনত্ব প্রায় ৯৯·১%

হাইড্রোজেন পারক্সাইড হইতে সম্পূর্ণরূপে জলের বিদূরণ প্রয়োজন হইলে, উপরোক্ত ৯৯·১% ঘনত্বের হাইড্রোজেন পারক্সাইডকে একটি গাঢ় H_2SO_4 পূর্ণ শোষকাধারে রাখিয়া দিলে, অবশিষ্ট জল শোষিত হইয়া ১০০% ঘন ও বিশুদ্ধ হাইড্রোজেন পারক্সাইড পাওয়া যায়।

হাইড্রোজেন পারক্সাইডের ধর্ম ঃ

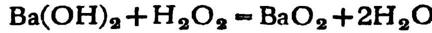
১। ভৌত ধর্ম ঃ

বিশুদ্ধ হাইড্রোজেন পারক্সাইড নীলাভ, গন্ধহীন ও তৈলের ন্যায় ঘন একটি তরল পাদার্থ। জল অপেক্ষা ইহা কম উদ্বায়ী, ও দ্রবণে ইহার একটি কষায় ধাতব স্বাদ আছে। ইহা জল, ইথার ও অ্যালকোহলে সর্বমাত্রায় মিশ্রণীয়। ৬৮ মি. মি. চাপে ইহার স্ফুটনাংক ৮৫° সে.। —১৭° সে. উষ্ণতায় ইহা কঠিন বরফের ন্যায় $H_2O_2, 2H_2O$ উৎপন্ন করে। 0° সে. উষ্ণতায় ইহার ঘনত্ব ১·৪৬।

২। রাসায়নিক ধর্ম ঃ

(ক) হাইড্রোজেন পারক্সাইড বিশুদ্ধাবস্থায় অম্লধর্মী ও লিটমাস দ্রবণকে লাল করে; কিন্তু জলীয়-দ্রবণে ইহা উদাসীন (neutral)। অম্ল-ধর্মিতার জন্যই হাইড্রোজেন পারক্সাইড, 'পারক্সাইড' (peroxide) যৌগিকগুলি উৎপন্ন করে, যথা, অ্যামোনিয়ার সহিত NH_4HO_2 (অ্যামোনিয়ম হাইড্রোজেন পারক্সাইড) ও

$(NH_4)_2O_2$ অ্যামোনিয়ম পারক্সাইড উৎপন্ন হয়। অনুরূপভাবে ক্ষারগুলি হইতে ক্ষারক্-ধাতুর পারক্সাইডগুলি উৎপন্ন হয়।



$$Ba(OH)_2 + H_2O_2 = BaO_2 + 2H_2O$$

(খ) হাইড্রোজেন পারক্সাইড একটি অস্থায়ী, তাপদায়ী-যৌগিক ও সহজেই উৎপাদক মৌলগুলিতে বিশ্লিষ্ট হইয়া থাকে—

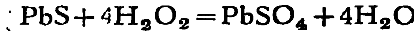


$$2H_2O_2 = 2H_2O + O_2 + \text{৪৬, ১২০ ক্যালোরি}$$

কর্কশগাত্র সম্পন্ন কোন পাত্রের সংস্পর্শে, বা রৌদ্র অথবা উত্তাপে, বা সূক্ষ্ম ধাতু-চুর্ণের সান্নিধ্যে, বা প্লাটিনাম ব্ল্যাক, ম্যাংগানিজ ডায়কসাইড প্রভৃতির সংস্পর্শে, অথবা জৈব ও উদ্ভিজ্জ কোষের সহযোগে—উপরোক্ত বিয়োজন দ্রুত ঘটিয়া থাকে।

হাইড্রোজেন পারক্সাইড সংরক্ষণ করার জন্য বাদামী রঙের প্যারাফিন-লিপ্ত বোতল ব্যবহার করা শ্রেয়। হাইড্রোজেন পারক্সাইডের সহিত অল্প মাত্রায় ফসফোরিক এসিড, গ্লিসারিণ, এসিটেনিলাইড (acitanilide) প্রভৃতি যুক্ত করিয়া রাখিলে উহা অধিককাল অবিকৃত থাকে; উপরোক্ত যুক্ত পদার্থগুলি অপরা-প্রভাবকরূপে ক্রিয়া করিয়া, হাইড্রোজেন পারকসাইডের স্বতঃ-বিয়োজনকে রোধ করিয়া থাকে।

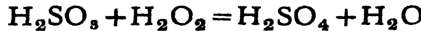
(গ) হাইড্রোজেন পারকসাইড স্বতঃই অক্সিজেনে বিয়োজিত হয় বলিয়া ইহা একটি উত্তম জারক পদার্থ (oxidizing agent) এবং বহু যৌগিক, অম্ল ও লবণ, H_2O_2 দ্বারা জারিত হইয়া থাকে।



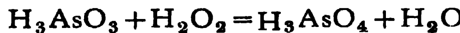
$$PbS + 4H_2O_2 = PbSO_4 + 4H_2O$$



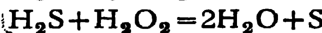
$$2FeSO_4 + H_2SO_4 + H_2O_2 = Fe_2(SO_4)_3 + 2H_2O$$



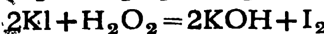
$$H_2SO_3 + H_2O_2 = H_2SO_4 + H_2O$$



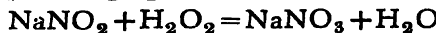
$$H_3AsO_3 + H_2O_2 = H_3AsO_4 + H_2O$$



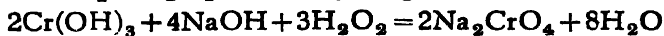
$$H_2S + H_2O_2 = 2H_2O + S$$



$$2KI + H_2O_2 = 2KOH + I_2$$



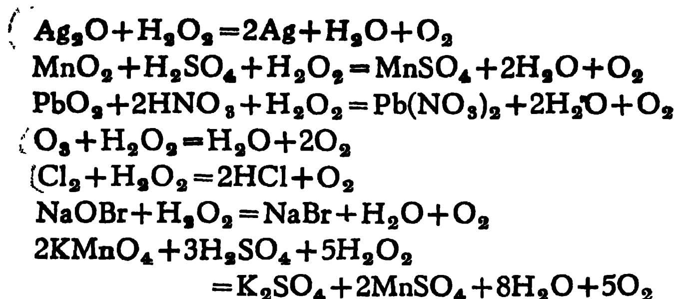
$$NaNO_2 + H_2O_2 = NaNO_3 + H_2O$$



$$2Cr(OH)_3 + 4NaOH + 3H_2O_2 = 2Na_2CrO_4 + 8H_2O$$

বহু জৈব পদার্থও হাইড্রোজেন পারক্সাইড দ্বারা জারিত হইয়া থাকে। জৈব পদার্থের হাইড্রোজেন পারক্সাইড দ্বারা জারণের কালে, $FeSO_4$ প্রভাবক যোগ করিলে জারণ ক্রিয়া অধিক দ্রুত হয়।

(ঘ) হাইড্রোজেন পারক্সাইড কোনো কোনো রাসায়নিক বিক্রিয়ায় বিজারক পদার্থরূপেও বিক্রিয়া করিয়া থাকে। সাধারণতঃ কোন জারক-পদার্থের সহিত হাইড্রোজেন পারক্সাইডের বিক্রিয়ার ক্ষেত্রেই এরূপ ঘটে, এবং এরূপ ক্ষেত্রে উভয় পদার্থই বিজারিত হইয়া থাকে। যথা,—



$$Ag_2O + H_2O_2 = 2Ag + H_2O + O_2$$
$$MnO_2 + H_2SO_4 + H_2O_2 = MnSO_4 + 2H_2O + O_2$$
$$PbO_2 + 2HNO_3 + H_2O_2 = Pb(NO_3)_2 + 2H_2O + O_2$$
$$O_3 + H_2O_2 = H_2O + 2O_2$$
$$Cl_2 + H_2O_2 = 2HCl + O_2$$
$$NaOBr + H_2O_2 = NaBr + H_2O + O_2$$
$$2KMnO_4 + 3H_2SO_4 + 5H_2O_2 = K_2SO_4 + 2MnSO_4 + 8H_2O + 5O_2$$

শেষোক্ত বিক্রিয়ায়, পটাশিয়ম পারম্যাংগানেটের গোলাপী দ্রবণ বিজারিত হইয়া বর্ণহীন হইয়া যায়।

(৬) হাইড্রোজেন পারক্সাইড উহার জারণ ধর্মের জন্য একটি উত্তম বিরঞ্জক পদার্থরূপেও (Bleaching agent) সমূহ ব্যবহৃত হইয়া থাকে। পুরাতন তৈলচিত্রকে হাইড্রোজেন পারক্সাইড দ্বারা ধৌত করিলে তৈলবর্ণের মধ্যস্থ PbS জারিত হইয়া শুভ্র বর্ণের $PbSO_4$ হইয়া যায় ও চিত্রটির মালিন্য দূরীভূত হয়। এইরূপে সিল্ক পশম, হস্তীদন্ত প্রভৃতির অবাঞ্ছিত বর্ণ দূরীভূত করিয়া, পদার্থগুলিকে বর্ণহীন করার কার্যে হাইড্রোজেনে পারক্সাইড ব্যবহৃত হইয়া থাকে।

হাইড্রোজেন পারক্সাইডের নিরীক্ষা ঃ

(১) হাইড্রোজেন পারক্সাইড পটাশিয়ম আয়োডাইড দ্রবণ হইতে আয়োডিন বিমুক্ত করে ; ফোরাস-সালফেট দ্রবণ সহযোগেও উপরোক্ত বিক্রিয়াটি ঘটে।

(২) পটাশিয়াম ডাইক্রোমেটের অম্লীকৃত দ্রবণকে হাইড্রোজেন পারকসাইড ও ইথারকে ঝাঁকাইলে, ইথার স্তরের দ্রবণটি ঘন আসমানী নীল (azure blue) রঙ ধারণ করে।

(৩) পটাশিয়ম পারম্যাংগানেটের গোলাপী দ্রবণ হাইড্রোজেন পারক্সাইডের সহিত বিক্রিয়ায়, বর্ণহীন হইয়া যায়।

(৪) হাইড্রোজেন পারকসাইডের সহিত বিক্রিয়ায়, টিটানিয়ম লবণ—বাদামী বর্ণ, মলিবডেনাম লবণ—গাঢ় রক্তবর্ণ, এবং ভ্যানেডিয়ম লবণ—রক্তবর্ণ ধারণ করে।

হাইড্রোজেন পারক্সাইডের ব্যবহার ঃ

হাইড্রোজেন পারক্সাইড প্রধানতঃ রেশম, পশম, হস্তীদন্ত, পালক প্রভৃতির বিরঞ্জনে ব্যবহার হয়। হাইড্রোজেন পারক্সাইড সহযোগে কৃষ্ণ কেশ সোনালীবর্ণ ধারণ করে এবং সেজন্য কেশ প্রশাধনেও ইহা ব্যবহৃত হইয়া থাকে। পুরাতন চিত্রের সংস্কারে ও পুরাতন কাগজের বিরঞ্জনেও ইহা বহুল ব্যবহৃত হয়। হাইড্রোজেন পারক্সাইড চিকিৎসাক্ষেত্রে জীবাণুরোধক রূপেও বিশেষ আদৃত। আধুনিক প্লাষ্টিক-শিল্পেও কোনো কোনো ক্ষেত্রে হাইড্রোজেন পারক্সাইড ব্যবহৃত হইতেছে।

দ্বিতীয় অধ্যায়—সংযোজন

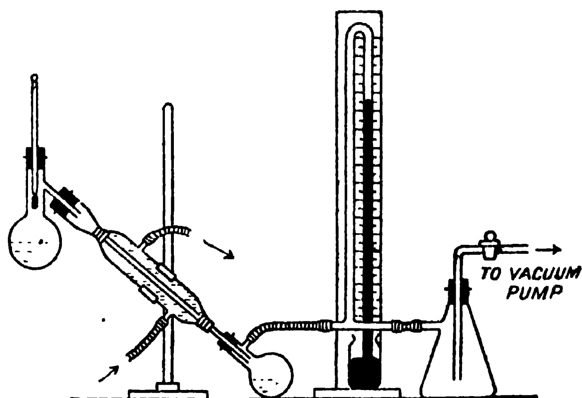
নিম্নচাপে পাতন (Distillation under reduced pressure) :

নিম্নচাপে পাতন, পূর্বে আলোচিত হইয়াছে; (অজৈব রসায়ন : প্রথম খণ্ড : পৃঃ ৬৩ দ্রষ্টব্য)।

কোনো তরল পদার্থের বাষ্পচাপ যখন পরিবেশস্থ বায়ুচাপের সমান হইয়া থাকে তখন তরল পদার্থটিও ফুটিতে ও বাষ্পীভূত হইতে থাকে; যে তাপে এই স্ফুটন ঘটে, ঐ তাপাংককে তরল পদার্থটির স্ফুটনাংক বলা হয়। অতএব সহজেই বুঝা যায় যে, **পরিবেশস্থ বায়ুচাপ কমাইলে, তরল পদার্থটির স্ফুটনাংকও কমিয়া যাইবে।** উপরোক্ত তত্ত্বটি বিশেষ গুরুত্বপূর্ণ এবং কোনো কোনো তরল পদার্থের পাতনের ক্ষেত্রে উপরোক্ত তত্ত্বটি বিশেষভাবে প্রযুক্ত হইয়া থাকে।

গ্লিসারিণ, হাইড্রোজেন পারক্সাইড প্রভৃতি তরল পদার্থ, সাধারণ বায়ুচাপে পাতন করার কালে, উচ্চ স্ফুটনাংকে বিযুক্ত হইয়া থাকে। এরূপ ক্ষেত্রে, এই তরল পদার্থগুলিকে নিম্নচাপে পাতন করিলে, উহারা নিম্ন স্ফুটনাংকে, অবিকৃত ভাবেই পাতিত হইয়া থাকে; এবং কার্যতঃ নিম্নচাপ ছাড়া উহাদেব পাতন ও বিশোধন প্রায়শঃ দুরূহ।

নিম্নচাপে পাতনের জন্য সাধারণতঃ নিম্নরূপ যন্ত্রসজ্জা ব্যবহৃত হয় (চিত্র ১২)।



চিত্র ১২—নিম্নচাপে পাতন

এই যন্ত্রসজ্জায়, প্রায় সাধারণ পাতন যন্ত্রের মতই একটি থার্মোমিটার যুক্ত পাতন ফ্লাস্ক, একটি শীতক ও শেষাংশে একটি গ্রাহক ফ্লাস্ক থাকে। গ্রাহক ফ্লাস্কটি একটি পার্শ্বনল-সমন্বিত, ও এই পার্শ্বনলটি একটি ম্যানোমিটার বা গ্যাস চাপমান যন্ত্রের মধ্য দিয়া একটি বায়ু শোষক পাম্পের সহিত সংলগ্ন থাকে। পাতন-ফ্লাস্কে, হাইড্রোজেন

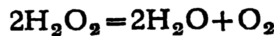
পারক্সাইড বা ঐরূপ পাতনীয় পদার্থ লইয়া, বায়ুশোষক পাম্পটি চালিত করিলে যন্ত্রমধ্যস্থ-বায়ুচাপ হ্রাস পাইয়া নিম্ন স্ফুটনাংকে পাতনীয় পদার্থটির পাতন আরম্ভ হয় ও উহা পাতিত হইয়া গ্রাহক-ফ্লাস্কে সংগৃহীত হইতে থাকে। বায়ু চাপ হ্রাসের পরিমাণ, ম্যানোমিটারের পারদ হইতে নির্ণীত হয়।

হাইড্রোজেন পারক্সাইড দ্রবণের শক্তি মাত্রা ঃ

হাইড্রোজেন পারক্সাইড দ্রবণের শক্তিমাত্রা সাধারণতঃ—'১০-আয়তন' (10-vol.) '২০-আয়তন' ১০০-আয়তন' প্রভৃতি হইয়া থাকে। ইহার অর্থ, ঐরূপ দ্রবণগুলির অন্তর্নিহিত হাইড্রোজেন পারক্সাইডের পরিমাণ এইরূপ যে, প্রমাণ উষ্ণতা ও চাপে, ঐ দ্রবণগুলির ১ আয়তন হইতে—১০-আয়তন, ২০-আয়তন বা ১০০—আয়তন অক্সিজেন উদ্ভূত হয়।

ধরা যাক্, ১০-আয়তন হাইড্রোজেন পারক্সাইডের দ্রবণের অন্তর্নিহিত হাইড্রোজেন পারক্সাইডের পরিমাণ গণনা করিতে হইবে—

হাইড্রোজেন পারক্সাইডের, অক্সিজেন বিয়োজন নিম্ন-সূত্রানুযায়ী ঘটে,



$$2H_2O_2 = 2H_2O + O_2$$

২ × ৩৪ গ্রাম   ২২.৪ লিটার

অর্থাৎ ৬৮ গ্রাম, প্রকৃত হাইড্রোজেনপারকসাইড হইতে, প্রমাণ উষ্ণতা ও চাপে ২২.৪ লিটার অক্সিজেন উদ্ভূত হয় ;

কিন্তু ১০-আয়তন হাইড্রোজেন পারক্সাইড-দ্রবণের অর্থ, উহার ১০০ সি. সি. হইতে প্রমাণ উষ্ণতা ও চাপে ১০ × ১০০ বা ১০০০ সি. সি. অক্সিজেন উদ্ভূত হইবে।

এখন, ১০০০ সি. সি. অক্সিজেন যদি x গ্রাম H_2O_2 হইতে উদ্ভূত হয়, তবে—

২২৪০০ : ১০০০ : : ৬৮ : x

বা, x = ১০০০ × ৬৮ ÷ ২২৪০০ = ৩.০৩৫ গ্রাম

অর্থাৎ ৩.০৩৫ গ্রাম হাইড্রোজেন পারক্সাইড হইতে ১০০০ সি. সি. অক্সিজেন উদ্ভূত হইবে ; বা, ১০০ সি. সি দ্রবণের মধ্যে ৩.০৩৫ গ্রাম গ্রাম H_2O_2 আছে।

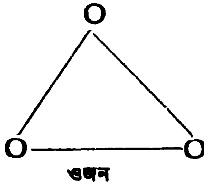
সুতরাং, ১০-আয়তন হাইড্রোজেন পারক্সাইডের অর্থ, ঐরূপ দ্রবণের প্রতি ১০০ সি. সি'তে ৩.০৩৫ গ্রাম প্রকৃত H_2O_2 আছে।

ওজোন ও হাইড্রোজেন পারক্সাইডের তুলনা :

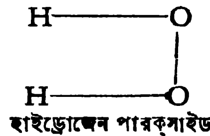
তুলনা মূলক ধর্ম	ওজোন (O_3)	হাইড্রোজেন পারক্সাইড (H_2O_2)
১। গন্ধ	আমিষ গন্ধযুক্ত	গন্ধহীন
২। পারদের সহিত বিক্রিয়া	পারদের তারল্য বিনষ্ট হয়	কোন বিক্রিয়া নাই
৩। টেট্রামিথাইল বেসের, অ্যালকোহলীয় দ্রবণের সহিত বিক্রিয়া	গোলাপী বা বেগুনী বর্ণ উৎপন্ন হয়	কোন বিক্রিয়া নাই
৪। বেনাজডিন-প্রলিপ্ত কাগজের সহিত বিক্রিয়া	বাদামী বর্ণ উৎপন্ন হয়	কোন বিক্রিয়া নাই
৫। ম্যাংগানাস ক্লোরাইড-প্রলিপ্ত কাগজের সহিত বিক্রিয়া	বাদামী বর্ণ উৎপন্ন	কোন বিক্রিয়া নাই
৬। $FeSO_4$ ও KI এর মিশ্র দ্রবণের সহিত বিক্রিয়া	আয়োডিন বিমুক্ত হয় না।	আয়োডিন বিমুক্ত হয়
৭। অম্লীকৃত $KMnO_4$ দ্রবণের সহিত বিক্রিয়	কোন পরিবর্তন হয় না।	দ্রবণটি বর্ণহীন হইয়া যায়
৮। অম্লীকৃত $K_2Cr_2O_7$ ও ইথারের সহিত বিক্রিয়া	কোন পরিবর্তন হয় না।	ইথার স্তর নীলবর্ণ হয়

হাইড্রোজেন পারক্সাইড ও ওজোনের রেখা সংকেত :—

হাইড্রোজেন একযোজী ও অক্সিজেন দ্বিযোজী মৌল (অজৈব রসায়ন : প্রথম খণ্ড : পৃঃ ৯৫)। ওজোন ও হাইড্রোজেন পারক্সাইডের মধ্যে, হাইড্রোজেন ও অক্সিজেনের যোজ্যতা কিরূপে প্রযুক্ত হয়, তাহা নিম্নের রেখা-সংকেত হইতে সহজে বুঝা যায়—



ওজন



হাইড্রোজেন পারক্সাইড

অনুশীলনী—১ ও ২

1. What is meant by allotropic modification of an element? Describe the allotropic from of Oxygen. How is it obtained? *C. U. 1939, '45, '57,*

2. The formula O_3 is assigned to the molecule of Ozone. Give experiments showing the facts that justify the formula. *C. U., '32, '41, '46 ;*

3. What experiments tend to show that Ozone is more active and oxidising agent than Oxygen? Why does Ozone turn blue litmus paper red before bleaching it? *Calcutta Presidency College, 1943 : Bom., 1918.*

4. Determine the Mol. wt. of Ozone form the following data :—A mixture of Oxygen and Ozone occupying 1 litre at N. T. P. weighs 1·468 gms. When treated with turpentine. 50 c.c. only of the mixture are absorbed. *Bom., 1949.*

5. Describe how Ozone can be prepared and purfied. State its use and how you would determine its composition. *C. U., 1957.*

6. How is Hydrogen peroxide prepared? What is its action on (i) Potassium iodide and (ii) Leade sulphide and (iii) acidified $KMnO_4$ solution.

7. Distinguish Hydrogen peroxide from Ozone. *C. U.. 1931, 37, 41, '45*

8. How is Hydrogen peroxide prepared on a large scale? What are its properties? H_2O_2 said to behave both as an oxidizing agent and as a reducing agent. Discuss. *C. U., 1931. '32, 35 ; Delhi 1940 '49.*

9. How Hydrogen peroxide is prepared and describe the method of its concentration. The strength of a certain H_2O_2 Solution is 3·5. To 50 c.c. of this Solution, an excess of $KMnO_4$ Solution is added. Calculate the amount of oxygen evolves at temperature 20°C under 740 mm. pressure.

10. Why Hydrogeu peroxide is Concentrated by distilling it under reduced pressure? Describe with sketches the method of its Concentration by distilling it under reduced pressure.

11. What is ment by the strength of H_2O_2 Solution.? What do you understand by the term 20-volume H_2O_2?

তৃতীয় অধ্যায়—(ক)

নাইট্রোজেনের যৌগসমূহ*
(Compounds of nitrogen)

অ্যামোনিয়া
(Ammonia)

আণবিক সংকেত—NH_3 আণবিক ভার—১৭   বাষ্পঘনত্ব—৮'৫

নাইট্রোজেন, হাইড্রোজেনের সহিত সংযুক্ত হইয়া বিভিন্ন রাসায়নিক যৌগিক উৎপন্ন করে ; উদাহরণ স্বরূপ,—অ্যামোনিয়া (Ammonia—NH_3) হাইড্রাজিন (Hydrazine—N_2H_4) ও হাইড্রাজোয়িক এসিড (Hydrazoic acid—N_3H)। এই যৌগিকগুলির মধ্যে অ্যামোনিয়াই অধিক গুরুত্বপূর্ণ যৌগিক।

আবিষ্কার ঃ

১৭৭৫ খৃষ্টাব্দে, প্রিষ্টলে (Priestley) নিশাদল (Salammoniac) ও চুণের মিশ্রকে উত্তপ্ত করিয়া, সর্বপ্রথম অ্যামোনিয়া প্রস্তুত করেন। ইহার ক্ষারীয় ধর্মের জন্য, প্রিষ্টলে ইহার 'ক্ষারীয় বায়ু' (alkaine air) নামকরণ করেন।

প্রাকৃতিক অস্তিত্ব ঃ

প্রকৃতিতে, বায়ু ও জলে অতি সামান্য পরিমাণে অ্যামোনিয়া বর্তমান থাকে। জৈব ও উদ্ভিদ দেহের পচনের ফলে, সাধারণতঃ প্রাকৃতিক অ্যামোনিয়া উৎপন্ন হয়। আস্তাবল ও মূত্রাগারে যে তীব্র ঝাঁঝালো গন্ধ পাওয়া যায়, উহা অ্যামোনিয়ারই গন্ধ। জৈব দেহজাত অ্যামোনিয়ম লবণগুলির বিয়োজনে ঐ অ্যামোনিয়া উৎপন্ন হয়। বৃষ্টির জলে সামান্য পরিমাণ অ্যামোনিয়ম নাইট্রেট লবণের অস্তিত্ব থাকে।

অ্যামোনিয়ার প্রস্তুতি ঃ

সাধারণতঃ, নিম্নলিখিত উৎসগুলি হইতে অ্যামোনিয়া প্রস্তুত করা হইয়া থাকে—

(ক) কয়লার অন্তর্ধূমপাতনের ফলে জাত—'অ্যামোনিয়া—দ্রবণ, (Ammoniacal liquor) ;

(খ) জৈব-দেহের নাইট্রোজেন-বহুল অংশগুলি (যথা,—শৃংগ, অস্থি, ক্ষুর প্রভৃতি)।

(গ) অ্যামোনিয়া ঘটিত লবণগুলি (Ammonium salts)।

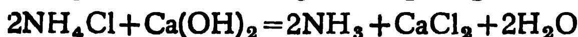
---

* মৌল নাইট্রোজেনের প্রস্তুতি, ধর্ম ও অন্যান্য বিষয়গুলি পূর্বেই আলোচিত হইয়াছে, অজৈব রসায়ন : প্রথম খণ্ড : পৃঃ ১৯১)।

পরীক্ষাগারে অ্যামোনিয়া প্রস্তুতি :

অ্যামোনিয়া একটি মৃদু ক্ষারীয় যৌগিক। সেজন্য অ্যামোনিয়া-ঘটিত লবণ-গুলিকে তীব্র ক্ষার সহযোগ উত্তপ্ত করিলে, প্রতিস্থাপন প্রক্রিয়ার ফলে অ্যামোনিয়া উৎপন্ন হইয়া থাকে।

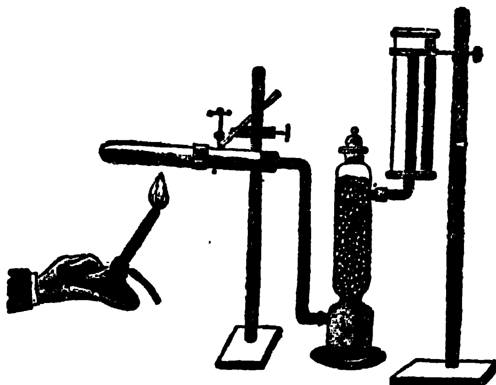
পরীক্ষাগারে, সহজ উপায়ে অ্যামোনিয়া প্রস্তুতির জন্য সাধারণতঃ অ্যামোনিয়ম ক্লোরাইড NH_4Cl, ও চূর্ণ CaO (বা, কলিচুণ $Ca(OH)_2$) মিশ্রিত করিয়া উত্তপ্ত করা হয়,—$2NH_4Cl+CaO=2HN_3+CaCl_2+H_2O$



$$2NH_4Cl+Ca(OH)_2=2NH_3+CaCl_2+2H_2O$$

প্রণালী :

একটি দৃঢ় কাঁচনির্মিত টেষ্ট-টিউবের মুখে ছিপিদ্বারা একটি নির্গম-নল যুক্ত করিয়া নির্গম-নলটির অপর প্রান্ত অনার্দ্র চুণ-পূর্ণ একটি শুষ্কীকরণ-বোতলের (drying tower), সহিত সংযুক্ত করা হইল; শুষ্কীকরণ বোতলটি হইতে অপর একটি সমকোণে বাঁকানো মধ্য নল যুক্ত করিয়া, নির্গম-নলটির উপরে একটি শূন্য অনার্দ্র গ্যাসজার উপুড় করিয়া রাখা হইল (চিত্র ১৩)।



চিত্র ১৩—পরীক্ষাগারে অ্যামোনিয়া প্রস্তুতি

যন্ত্র সজ্জাটী সম্পূর্ণ করিবার পর, ওজন অনুপাতে ১ ভাগ অ্যামোনিয়ম ক্লোরাইড ও ২-ভাগ অনার্দ্র কলিচুণ মিশ্রিত করিয়া কাঁচের টেষ্টটিউবটি ঐ মিশ্র দ্বারা অংশতঃ পূর্ণ করা হইল এবং টেষ্ট-টিউবটিকে নির্গম নলসহ ছিপির দ্বারা বদ্ধ করিয়া একটি আধারদণ্ডে এরূপভাবে আবদ্ধ করা হইল যেন টেষ্ট-টিউবটির মুখের দিক, ভূমির দিকে ঈষৎ হেলিয়া থাকে। এখন উপরোক্ত যন্ত্রসজ্জানুযায়ী, মিশ্রপূর্ণ টেষ্টটিউবটি একটি বুনসেন দীপের সাহায্যে উত্তপ্ত করিলে, অ্যামোনিয়া উৎপন্ন হইতে থাকে ও উল্টান গ্যাসজারটির মধ্যে, বায়ুর নিম্নাপসারণ করিয়া, সংগৃহীত হইতে থাকে।

১। নাইট্রিক এসিড, নাইট্রেট ও নাইট্রাইট লবণগুলিকে সদ্যজ হাইড্রোজেন (Nascent hydrogen) সহযোগে, বা, অন্য উপযুক্ত প্রণালীতে বিজারণ করিলে, অ্যামোনিয়া উৎপন্ন হয়।

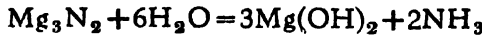


$$NaNO_3+8H=NaOH+2H_2O+NH_3$$

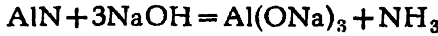


$$NaNO_2+6H=NaOH+H_2O+NH_3$$

২। নাইট্রাইড (nitride) শ্রেণীর যৌগিকগুলি, জল বা ক্ষারের সহিত আর্দ্র-বিশ্লেষ বিক্রিয়ায়, অ্যামোনিয়া উৎপন্ন করে।

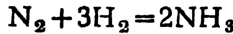


$$Mg_3N_2+6H_2O=3Mg(OH)_2+2NH_3$$



$$AlN+3NaOH=Al(ONa)_3+NH_3$$

৩। নাইট্রোজেন ও হাইড্রোজেনের মিশ্র, উপযুক্ত চাপ ও তাপ সহযোগে কোনো প্রভাবকের উপর চালিত করিলে, সংশ্লেষণ-বিক্রিয়ায় (synthesis) মৌল দুইটি সংযুক্ত হইয়া, অ্যামোনিয়া উৎপন্ন করে।



$$N_2+3H_2=2NH_3$$

এই প্রণালীটিই, অ্যামোনিয়ার শিল্প-প্রস্তুতির ক্ষেত্রে ব্যবহৃত হইয়া থাকে।

অ্যামোনিয়ার শিল্প-প্রস্তুতি ঃ

১। কয়লা হইতে অ্যামোনিয়ার শিল্পোৎপাদন ঃ

উদ্ভিদ দেহ নানা বিক্রিয়ার ফলে কয়লায় রূপান্তরিত হয়। এই কয়লাকে অন্তর্ধূম-পাতন করিয়া কোন গ্যাস প্রস্তুতির সময়, উদ্ভিদ দেহের তথা কয়লার অন্তর্গত নাইট্রোজেন ও হাইড্রোজেন, অ্যামোনিয়ারূপে বিনির্গত হইতে থাকে। অন্তর্ধূম-পাতনের প্রথম উদ্বায়ী অংশেই এই অ্যামোনিয়া (অ্যামোনিয়ম লবণ সহ) উদ্ভূত হয় ও এই অংশটি পরে ঘনীভূত হইলে একটি তরল বাদামী বর্ণের পদার্থ পাওয়া যায়। এই তরল বাদামী বর্ণের পাতিত অংশকে—'গ্যাস কারখানার অ্যামোনিয়া দ্রবণ' (Ammoniacal liquor of gas-works) বলা হয়।

উপরোক্ত অ্যামোনিয়া দ্রবণের সহিত চুণ মিশ্রিত করিয়া ফুটন করিলে অ্যামোনিয়ম লবণগুলির বিয়োজন ঘটে, ও সমগ্র অ্যামোনিয়া উত্তাপে বাষ্পীভূত হইয়া বিনির্গত হইতে থাকে। এই অ্যামোনিয়া বাষ্পকে বরফ-শীতল জলে দ্রবীভূত করিলে 'গাঢ় অ্যামোনিয়া' (liquor ammonia) উৎপন্ন হয়।

গ্যাস কারখানার অ্যামোনিয়া দ্রবণ, একটি সহোৎপন্ন (by-product) পদার্থ বলিয়া, উহা হইতে উপরোক্ত প্রণালীতে প্রস্তুতীকৃত অ্যামোনিয়াকে **'সহোৎপন্ন অ্যামোনিয়া'** (by-product Ammonia) বলা হয়।

২। সংশ্লেষণ প্রণালীতে অ্যামোনিয়ার শিল্পোৎপাদন ঃ

হেবার প্রণালী (Haber's Process) ঃ

প্রথম মহাযুদ্ধের (১৯১৪) কালে জার্মানীতে, হেবার প্রণালীতে অ্যামোনিয়ার শিল্পোৎপাদন উদ্ভাবিত হয়।

নাইট্রোজেন ও হাইড্রোজেনের সংশ্লেষণে অ্যামোনিয়ার উৎপাদনকে নিম্নোক্ত সূত্র দ্বারা প্রকাশ করা যায়—



N_2 + $3H_2$ = $2NH_3$ + ২২৮০০ ক্যালোরি

১ আয়তন ৩ আয়তন ২ আয়তন ∴ সংকোচন = ২ আয়তন

পূর্বোক্ত, সূত্র হইতে সহজেই বুঝা যায়—

(ক) বিক্রিয়াটি উভমুখী ;

(খ) বিক্রিয়াটি তাপদায়ী ;

(গ) বিক্রিয়াটির সহিত আয়তনের সংকোচন ঘটে।

উপরোক্ত কারণগুলির জন্যই, বিক্রিয়াটিকে অধিক পরিমাণ অ্যামোনিয়া উৎপাদনের জন্য প্রয়োগ করিতে হইলে,

(ক) বিক্রিয়াটিতে, বিক্রিয়কগুলির মাত্রা নিয়ন্ত্রণ করা প্রয়োজন ;

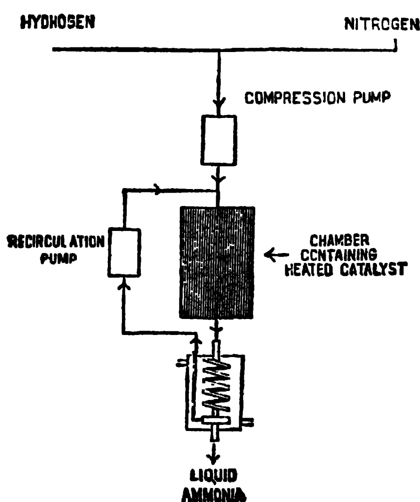
(খ) বিক্রিয়াটি নিম্ন তাপে, ও প্রভাবকের সহযোগে করা প্রয়োজন ;

(গ) বিক্রিয়কগুলির উপর উচ্চচাপ প্রয়োগ করা প্রয়োজন।

হেবার প্রণালীতে উপরোক্ত তিনটি সর্তই প্রয়োগ করিয়া, অ্যামোনিয়ার শিল্পোৎপাদন করা হইয়া থাকে।

প্রণালীটির বর্ণনা ঃ

বিশুদ্ধ নাইট্রোজেন (তরল বায়ু হইতে উৎপন্ন) ও বিশুদ্ধ হাইড্রোজেন (জল হইতে তড়িদ্‌বিশ্লেষ বা 'ওয়াটার গ্যাস' বা অন্য প্রক্রিয়ায় উৎপন্ন), আয়তন অনুপাতে ১ : ৩ ভাগে লওয়া হয় ও মিশ্রটির উপর পাম্পের সাহায্যে ২০০ বায়ুচাপ প্রয়োগ করা হয় ; এই চাপযুক্ত মিশ্রটিকে তখন ৫০০°—৫৫০° সে উত্তপ্ত একটি প্রভাবক-প্রকোষ্ঠে, প্রভাবক-রূপে সূক্ষ্ম লৌহচূর্ণ ও উহার সহিত বিবর্ধক (Promoter) রূপে কিছু মলিব্‌ডেনম চূর্ণ থাকে। এই প্রভাবকের সান্নিধ্যে, চাপে ও উত্তাপে, নাইট্রোজেন-হাইড্রোজেনের মিশ্র অংশতঃ (২৫%) অ্যামোনিয়ায় রূপান্তরিত হয়—



চিত্র, ১৪—হেবার প্রণালীতে অ্যামোনিয়া প্রস্তুতি



$$N_2 + 3H_2 \rightleftharpoons 2NH_3$$

প্রভাবক-প্রকোষ্ঠ হইতে বিনির্গত গ্যাসগুলিতে (N_2, H_2 ও NH_3) তখন একটি শীতক-কুণ্ডলীর মধ্য দিয়া চালিত করা হয়, ফলে, অ্যামোনিয়া সহজেই ঘনীভূত হইয়া তরল পদার্থে রূপান্তরিত হয়। অপরিবর্তিত N_2 ও H_2কে পুনরায় পাম্পের সাহায্যে চাপ দিয়া প্রভাবক-প্রকোষ্ঠে চালিত করা হয়, ও এইরূপে প্রক্রিয়াটি অবিরত থাকে,—(চিত্র—১৪)।

এশিয়ার বৃহত্তম, ভারতের সিন্দ্রী সারোৎপাদন কারখানায় কাঁচামাল হিসাবে প্রত্যহই প্রচুর পরিমাণে অ্যামোনিয়া উৎপাদন হয়। এই উৎপাদনেও, সামান্য সংশোধিত আকারে, হেবার প্রণালীই অনুসৃত হইয়া থাকে।

অ্যামোনিয়ার ধর্ম :

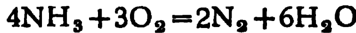
১। ভৌত ধর্ম :

অ্যামোনিয়া একটি বর্ণহীন, তীব্রগন্ধী ও ক্ষার-স্বাদযুক্ত গ্যাস। ইহা বায়ু অপেক্ষা অনেক হাল্কা (ঘনত্ব=৮·৫) ; সেইজন্যই, ইহাকে বায়ুর নিম্নাপসরণ পদ্ধতিতে সংগ্রহ করা যায়। ইহার হিমাংক, – ৭৭·৭° সে ও স্ফুটনাংক, – ৩৩·৫° সে। তরলীভূত অ্যামোনিয়া, শিল্পে প্রভূত ব্যবহার হয় ও সাধারণতঃ ইহা তরল-অ্যামোনিয়া (liquid ammonia) নামে পরিচিত।

অ্যামোনিয়া জলে অতিমাত্রায় দ্রবণীয় ; 0° সে. উত্তাপে, জল, উহার আয়তনের ১১৫০ গুণ আয়তন অ্যামোনিয়াকে দ্রবীভূত করিতে পারে। এই সম্পৃক্ত দ্রবণে প্রায় ৪৭% অ্যামোনিয়া থাকে। শিল্পে ও পরীক্ষাগারে যে 'গাঢ় অ্যামোনিয়া' (liquor ammonia) ব্যবহৃত হয়, উহার মধ্যে প্রায় ৩৬% অ্যামোনিয়া থাকে। অ্যামোনিয়া দ্রবণের ঘনত্ব, বিশুদ্ধ জলের ঘনত্ব অপেক্ষা কম।

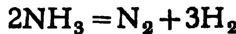
২। রাসায়নিক ধর্ম :

(ক) অ্যামোনিয়া দাহ্যও নহে, দহন সহায়কও নহে। কেবলমাত্র অক্সিজেন সহযোগে অ্যামোনিয়ার দহন ঘটে—



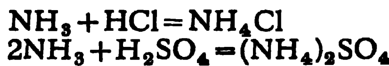
$$4NH_3+3O_2=2N_2+6H_2O$$

(খ) অ্যামোনিয়া স্থায়ী যৌগিক হইলেও, প্রবল উত্তাপে বা তড়িৎযোগে বিশ্লিষ্ট হইয়া থাকে—



$$2NH_3=N_2+3H_2$$

(গ) অ্যামোনিয়া একটি ক্ষারধর্মী গ্যাস, ও অম্ল সহযোগে ইহা শোষিত হয় এবং লবণ উৎপাদন করে—



$$NH_3+HCl=NH_4Cl$$
$$2NH_3+H_2SO_4=(NH_4)_2SO_4$$

(ঘ) অ্যামোনিয়া জলে দ্রবীভূত হইয়া, অ্যামোনিয়ম-হাইড্রক্সাইড ক্ষার উৎপন্ন করে ; অ্যামোনিয়ার জলীয় দ্রবণ সে কারণেই লাল-লিটমাসকে নীল করে এবং অম্লগুলিকে প্রশমিত করিয়া, অ্যামোনিয়ম শ্রেণীর লবণ উৎপাদন করে—

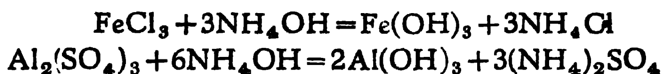


$$NH_3+H_2O=NH_4OH\rightleftharpoons NH_4^{+}+OH^{-}$$
$$NH_4OH+HCl=\underset{\text{লবণ}}{NH_4Cl}+H_2O$$



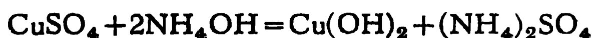
$$2NH_4OH+H_2SO_4=\underset{\text{লবণ}}{(NH_4)_2SO_4}+2H_2O$$

(ঙ) অ্যামোনিয়ার জলীয় দ্রবণ, সাধারণভাবে, দ্রাব্য ধাতব-লবণগুলির সহিত বিক্রিয়া করিয়া, অদ্রাব্য-হাইড্রকসাইড উৎপন্ন করে—



$$FeCl_3 + 3NH_4OH = Fe(OH)_3 + 3NH_4Cl$$
$$Al_2(SO_4)_3 + 6NH_4OH = 2Al(OH)_3 + 3(NH_4)_2SO_4$$

কোন কোন ধাতব-লবণ, প্রথমে অদ্রাব্য হাইড্রক্সাইড উৎপন্ন করে ও পরে অধিক পরিমাণ, অ্যামোনিয়া দ্রবণে, জটিল-যৌগিক উৎপন্ন করিয়া দ্রাব্য হইয়া যায়—



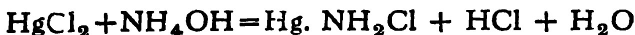
$$CuSO_4 + 2NH_4OH = Cu(OH)_2 + (NH_4)_2SO_4$$
অদ্রাব্য



$$Cu(OH)_2 + 4NH_4OH = [Cu(NH_3)_4](OH)_2 + 4H_2O$$
দ্রাব্য

অ্যামোনিয়া-দ্রবণ, Cu-এর ন্যায়, Ni, Co, Cr, Ag, Pt, Zn প্রভৃতি বহু ধাতব লবণের সহিত এইরূপ জটিল-যৌগিক উৎপন্ন করে। এই জটিল-যৌগিকগুলিকে সাধারণভাবে 'অ্যামিন' (ammine) বলা হয়।

Hg-এর লবণগুলির সহিত অ্যামোনিয়া লবণের বিক্রিয়া বিশিষ্ট ধরণের—

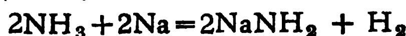


$$HgCl_2 + NH_4OH = Hg.NH_2Cl + HCl + H_2O$$
অদ্রাব্য সাদা অধঃক্ষেপ



$$Hg_2Cl_2 + NH_4OH = Hg.NH_2Cl + Hg + HCl + H_2O$$
অদ্রাব্য কৃষ্ণাভ অধঃক্ষেপ

(চ) অ্যামোনিয়া গ্যাস কোনো কোনো উত্তপ্ত ধাতুর সহিত বিক্রিয়া করিয়া, অ্যামাইড (amide) শ্রেণীর যৌগিক উৎপন্ন করে—



$$2NH_3 + 2Na = 2NaNH_2 + H_2$$
সোডামাইড



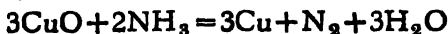
$$2NH_3 + 2K = 2KNH_2 + H_2$$
পটাশ অ্যামাইড

ম্যাগনেসিয়ম ধাতু কিন্তু, অ্যামোনিয়ার সহিত বিক্রিয়ায় নাইট্রাইড উৎপন্ন করে—



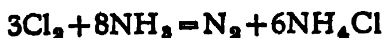
$$3Mg + 2NH_3 = Mg_3N_2 + 3H_2$$

(ছ) অ্যামোনিয়া গ্যাস একটি মৃদু বিজারক পদার্থ, উত্তপ্ত অবস্থায় ইহা CuO, PbO প্রভৃতিকে বিজারিত করে—



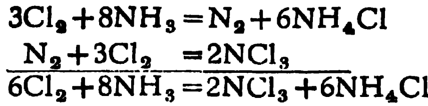
$$3CuO + 2NH_3 = 3Cu + N_2 + 3H_2O$$

(জ) অ্যামোনিয়া হ্যালোজেনগুলির সহিত বিক্রিয়া করিয়া নাইট্রোজেন ও অ্যামোনিয়ম লবণ উৎপন্ন করে—



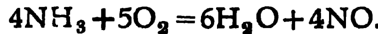
$$3Cl_2 + 8NH_3 = N_2 + 6NH_4Cl$$

উপরোক্ত বিক্রিয়ায়, হ্যালোজেনের মাত্রা অধিক থাকিলে, বিস্ফোরক নাইট্রোজেন হ্যালাইড উৎপন্ন হয়



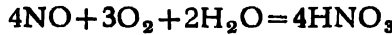
$$3Cl_2+8NH_3=N_2+6NH_4Cl$$
$$N_2+3Cl_2=2NCl_3$$
$$6Cl_2+8NH_3=2NCl_3+6NH_4Cl$$

(ঝ) উত্তপ্ত প্লাটিনম প্রভাবকের উপর অ্যামোনিয়া ও বায়ুর (বা অক্সিজেনের) মিশ্র চালনা করিলে, অ্যামোনিয়া জারিত হইয়া নাইট্রিক অক্সাইড উৎপন্ন করে—



$$4NH_3+5O_2=6H_2O+4NO.$$

এই উৎপন্ন NOকে পরে অতিরিক্ত বায়ু সহযোগে NO_2, ও NO_2-কে জলে দ্রবীভূত করিয়া নাইট্রিক এসিড উৎপন্ন করা যায়—



$$4NO+3O_2+2H_2O=4HNO_3$$

এই প্রক্রিয়াটিই বর্তমানে নাইট্রিক এসিডের শিল্প-প্রস্তুতিতে সর্বাধিক ব্যবহৃত প্রক্রিয়া এবং প্রক্রিয়াটিকে আবিষ্কারকের নামানুসারে নাইট্রিক এসিড প্রস্তুতির **অস্টোয়াল্ড প্রণালী** (Ostwald's Process) বলা হয়।

অ্যামোনিয়ার নিরীক্ষা ঃ

(১) অ্যামোনিয়ার একটি বিশিষ্ট তীব্র গন্ধ আছে, ও উহা লাল লিটমাসকে নীল করে।

(২) অ্যামোনিয়ার সান্নিধ্যে, হাইড্রোক্লোরিক এসিড গ্যাস—গাঢ় সাদা ধূম উৎপন্ন করে।

(৩) 'নেসলার-দ্রবণ' * (Nessler's Solution) সহযোগে অ্যামোনিয়া বাদামী বর্ণ বা বাদামীবর্ণের অধঃক্ষেপ উৎপন্ন করে।

(৪) মার্কিউরাস লবণের দ্রবণ-প্রলিপ্ত কোন কাগজ, অ্যামোনিয়ার সান্নিধ্যে আনিলে উহা কাল হইয়া যায়।

অ্যামোনিয়ার ব্যবহার ঃ

(১) তরল অ্যামোনিয়া, বরফ উৎপাদন ও শীতলীকরণের (refrigeration) কার্যে প্রভৃতি ব্যবহৃত হয়।

***নেসলার দ্রবণ ঃ**

মার্কিউরিক ক্লোরাইড দ্রবণে, KI যুক্ত করিলে, মার্কিউরিক আয়োডাইড একটি লাল অধঃক্ষেপ রূপে উৎপন্ন হয়। $HgCl_2+2KI=HgI_2+2KCl.$

অধঃক্ষেপসহ এই দ্রবণে, এখন অতিরিক্ত KI যোগ করিলে, পটাশিয়ম মার্কিউরিক-আয়োডাইড নামে একটি জটিল যৌগিক উৎপন্ন হইয়া, অধঃক্ষেপটি দ্রাব্য, ও দ্রবণটি বর্ণহীন হইয়া যায়।

$HgI_2+2KI=K_2[HgI_4]$ (পটাশিয়ম মার্কিউরি-আয়োডাইড)। পটাশিয়ম মার্কিউরিক আয়োডাইডের বর্ণহীন দ্রবণে অতিরিক্ত KOH দ্রবীভূত করিয়া যে দ্রবণ পাওয়া যায়, উহাকে নেসলার দ্রবণ বলা হয়। ইহা অ্যামোনিয়া ও অ্যামোনিয়ম লবণের একটি উৎকৃষ্ট নিরীক্ষক (reagent) ;

(২) অ্যামোনিয়া,—নাইট্রিক এসিড (অস্টোয়াল্ড প্রণালী) ও সোডিয়ম কার্বনেটের (সলভে প্রণালী) শিল্প-প্রস্তুতিতে ব্যবহৃত হয়।

(৩) অ্যামোনিয়া,—বিভিন্ন অ্যামোনিয়ম-ঘটিত কৃত্রিম সার, যথা অ্যামোনিয়ম সালফেট, অ্যামোনিয়ম-নাইট্রেট, অ্যামোনিয়ম ফসফেট, ক্যালসিয়ম-ফসফেট প্রভৃতির প্রস্তুতি কার্যে ব্যবহৃত হয়।

(৪) অ্যামোনিয়া কৃত্রিম রেশম বা রেয়ন (Rayon) প্রস্তুতিতে ব্যবহৃত হইয়া থাকে।

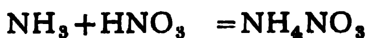
(৫) অ্যামোনিয়া পরীক্ষাগারে বিভিন্ন রাসায়নিক পরীক্ষায় বহুল ব্যবহার হইয়া থাকে।

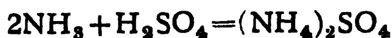
অ্যামোনিয়া হইতে প্রস্তুত অ্যামোনিয়ম-লবণগুলিও নানা কার্যে ব্যবহৃত হয়। যথা,—অ্যামোনিয়ম সালফেট ও অ্যামোনিয়ম ফসফেট—সাররূপে, অ্যামোনিয়ম কার্বনেট—ঔষধ (স্মেলিং-সল্ট ; Smelling Salt) রূপে, অ্যামোনিয়ম নাইট্রেট—বিস্ফোরক ও সাররূপে, অ্যামোনিয়ম ক্লোরাইড—রঞ্জন শিল্পে, ঝালাই কার্যে ও বিদ্যুৎ কোষে ব্যবহৃত হয়।

অ্যামোনিয়ম লবণসমূহ
(Ammonium Salts)

অ্যামোনিয়া ক্ষারীয় ধর্ম প্রভাবে, বিভিন্ন অম্লের সহিত বিক্রিয়ায় যে লবণসমূহ উৎপন্ন করে, উহাদের **অ্যামোনিয়ম লবণ** বলা হয়।


$$NH_3+HCl = NH_4Cl$$
অ্যামোনিয়ম ক্লোরাইড

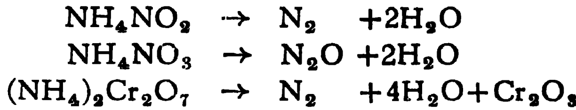

$$NH_3+HNO_3 = NH_4NO_3$$
অ্যামোনিয়ম নাইট্রেট


$$2NH_3+H_2SO_4=(NH_4)_2SO_4$$
অ্যামোনিয়ম সালফেট

অ্যামোনিয়ম শ্রেণীর লবণগুলির সহিত সমশ্রেণীর সোডিয়ম ও পটাশিয়ম লবণগুলির বহুল সাদৃশ্য আছে। প্রভেদের মধ্যে, সোডিয়ম ও পটাশিয়ম অণুর পরিবর্তে, NH_4—এই একযোজী যৌগাংশটি (compound radical) অম্লের হাইড্রোজেনকে প্রতিস্থাপিত করিয়া লবণ উৎপাদন করে। (যৌগাংশের আলোচনা ; অজৈব রসায়ন—প্রথম খণ্ড, পৃঃ ৯৬ দ্রষ্টব্য)। অ্যামোনিয়ম লবণগুলির সহিত সোডিয়ম, পটাশিয়ম প্রভৃতি লবণগুলির প্রধান পার্থক্য যে, অ্যামোনিয়ম লবণগুলিকে উত্তপ্ত করিলে, ঐ লবণগুলির ঊর্ধপাতন ঘটে এবং কোন কোন লবণের বিয়োজনও ঘটে।

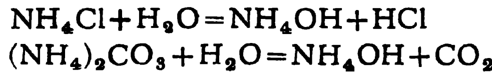

$$NH_4Cl \rightleftharpoons NH_3+HCl$$

অ্যামোনিয়া উদ্বায়ী ক্ষারক বলিয়া, সকল অ্যামোনিয়ম লবণই তীব্র ক্ষারের সহিত বিক্রিয়ায় অ্যামোনিয়া উৎপন্ন করে। জারক এসিডগুলির অ্যামোনিয়ম লবণগুলিকে—যথা, অ্যামোনিয়ম নাইট্রাইট (NH_4NO_2), অ্যামোনিয়ম নাইট্রেট (NH_4NO_3), অ্যামোনিয়ম ডাইক্রোমেট [$(NH_4)_2Cr_2O_7$)], প্রভৃতি উত্তপ্ত করিলে নাইট্রোজেন বা নাইট্রোজেন অক্সাইড উৎপন্ন হয়।



$$NH_4NO_2 \rightarrow N_2 + 2H_2O$$
$$NH_4NO_3 \rightarrow N_2O + 2H_2O$$
$$(NH_4)_2Cr_2O_7 \rightarrow N_2 + 4H_2O + Cr_2O_3$$

তীব্র অম্লের অ্যামোনিয়ম লবণগুলির জলীয় দ্রবণ অম্লরূপে, ও মৃদু-অম্লের অ্যামোনিয়ম লবণগুলির জলীয় দ্রবণ ক্ষাররূপে বিক্রিয়া করিয়া থাকে। (অজৈব রসায়ন, প্রথম খণ্ড, পৃঃ ১৩১ দ্রষ্টব্য)।



$$NH_4Cl + H_2O = NH_4OH + HCl$$
$$(NH_4)_2CO_3 + H_2O = NH_4OH + CO_2$$

কয়েকটি প্রধান অ্যামোনিয়ম লবণ ঃ

১। অ্যামোনিয়ম সালফেট ঃ

অ্যামোনিয়া গ্যাস বা অ্যামোনিয়া দ্রবণের সাহায্যে H_2SO_4কে প্রশমিত করিলে অ্যামোনিয়ম সালফেট উৎপন্ন হয়—



$$2NH_3 + H_2SO_4 = (NH_4)_2SO_4$$

আধুনিক প্রণালীতে, NH_3 গ্যাস ও CO_2 গ্যাস, চাপ সহযোগে জিপ্‌সাম চূর্ণের প্রলম্বনে (suspension) চালিত করিয়া, অ্যামোনিয়ম সালফেট উৎপন্ন করা হইয়া থাকে—



$$2NH_3 + CO_2 + H_2O + CaSO_4 = CaCO_3 + (NH_4)_2SO_4$$

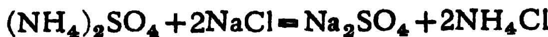
উপরোক্ত প্রণালীটি বিশেষ গুরুত্বপূর্ণ, এবং সিন্দ্রী-সার কারখানায় উপরোক্ত প্রণালী অবলম্বন করিয়া, প্রচুর পরিমাণে $(NH_4)_2SO_4$ বর্তমানে প্রস্তুত হইতেছে।

অ্যামোনিয়ম সালফেট প্রধানতঃ সাররূপে ব্যবহৃত হয়।

২। অ্যামোনিয়ম ক্লোরাইড বা নিশাদল ঃ

অ্যামোনিয়াকে, HCl দ্বারা প্রশমিত করিলে, অ্যামোনিয়ম ক্লোরাইড লবণ উৎপন্ন হয়—$NH_3 + HCl = NH_4Cl$

আধুনিক প্রণালীতে, $(NH_4)_2SO_4$ ও সাধারণ লবণের দ্রবণ একত্র মিশ্রিত করিয়া অ্যামোনিয়ম ক্লোরাইড উৎপাদন করা হয়—



$$(NH_4)_2SO_4 + 2NaCl = Na_2SO_4 + 2NH_4Cl$$

বিক্রিয়ার শেষে, দ্রবণটিকে শীতল করিলে, অল্পদ্রাব্য Na_2SO_4 পৃথক হইয়া আসিলে ও উহাকে পরিস্রুত করিয়া, পরিস্রুৎটির বাষ্পীভবন করিলে কঠিন NH_4Cl পাওয়া যায়।

অ্যামোনিয়ম ক্লোরাইড ঝালাইয়ের কাজে, দস্তালেপনের (galvanizing) কাজে ব্যবহৃত হয়। শুষ্ক বিদ্যুৎকোষ (dry cell) নির্মাণে, রঞ্জনশিল্পে ও ঔষধরূপেও ইহা ব্যবহৃত হয়। পরীক্ষাগারে নানা রাসায়নিক পরীক্ষায় ইহা বহুল ব্যবহৃত হইয়া থাকে।

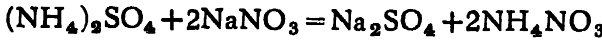
৩। অ্যামোনিয়ম নাইট্রেট ঃ

অ্যামোনিয়া গ্যাস বা অ্যামোনিয়া দ্রবণকে, HNO_3 দ্বারা প্রশমিত করিয়া অ্যামোনিয়ম নাইট্রেট প্রস্তুত হয়—



$$NH_3+HNO_3=NH_4NO_3$$

সোডিয়ম নাইট্রেট ও অ্যামোনিয়ম সালফেটের মধ্যে বিপরিবর্ত বিক্রিয়ায়ও অ্যামোনিয়ম নাইট্রেট প্রস্তুত করা হয়—

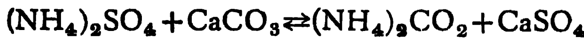


$$(NH_4)_2SO_4+2NaNO_3=Na_2SO_4+2NH_4NO_3$$

অ্যামোনিয়ম নাইট্রেট, প্রধানতঃ বিস্ফোরকরূপে এবং সাররূপে ব্যবহৃত হয়।

৪। অ্যামোনিয়ম কার্বনেট ঃ

অ্যামোনিয়ম সালফেট ও চক্ গুঁড়া একত্রে মিশ্রিত করিয়া উত্তপ্ত করিলে, অ্যামোনিয়ম কার্বনেট উৎপন্ন ও ঊর্ধ্বপাতিত হইয়া থাকে—



$$(NH_4)_2SO_4+CaCO_3\rightleftharpoons(NH_4)_2CO_2+CaSO_4$$

অ্যামোনিয়ম কার্বনেট একটি অস্থায়ী লবণ ও সামান্য উত্তাপেই উহা বিয়োজিত হইতে থাকে।



$$(NH_4)_2CO_3\rightleftharpoons NH_4HCO_3+NH_3$$



$$NH_4HCO_3\rightleftharpoons NH_3+CO_2+H_2O$$

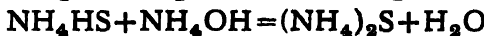
অ্যামোনিয়ম কার্বনেট, পরীক্ষাগারে পরীক্ষা কার্যের জন্য, এবং ঔষধে 'স্মেলিং-সল্ট'রূপে ব্যবহৃত হয়।

৫। অ্যামোনিয়ম সালফাইড ঃ

এই লবণটি কেবলমাত্র জলীয় দ্রবণেই পাওয়া যায়। গাঢ় অ্যামোনিয়া দ্রবণে H_2S চালনা করিয়া প্রথমতঃ সম্পৃক্ত করিলে যে দ্রবণ পাওয়া যায়, উহা সমপরিমাণ গাঢ় অ্যামোনিয়া দ্রবণের সহিত মিশ্রিত করিয়া লইলে, $(NH_4)_2S$ উৎপন্ন হয়—



$$NH_4OH+H_2S=NH_4HS+H_2O$$



$$NH_4HS+NH_4OH=(NH_4)_2S+H_2O$$

অ্যামোনিয়ম সালফাইডের দ্রবণ বর্ণহীন। এই দ্রবণে, গন্ধক চূর্ণ মিশ্রিত করিয়া লইলে গন্ধক দ্রবীভূত হইয়া **হলুদ অ্যামোনিয়ম সালফাইড** (yellow ammonium sulphide) উৎপন্ন করে।

বর্ণহীন অ্যামোনিয়ম সালফাইড ও হলুদ অ্যামোনিয়ম সালফাইড, উভয়ই পরীক্ষাগারে পরীক্ষাকার্যে নিরীক্ষকরূপে বহুল ব্যবহৃত হইয়া থাকে।

তৃতীয় অধ্যায়—সংযোজন

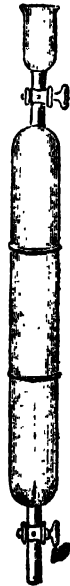
অ্যামোনিয়ার সংযুতি ঃ

অ্যামোনিয়ার সংযুতি নির্ধারণের জন্য, আয়তন-মাত্রিক ও ওজন-মাত্রিক বিভিন্ন পদ্ধতি প্রচলিত আছে। তন্মধ্যে, 'হফ্‌ ম্যানের আয়তন মাত্রিক পদ্ধতি'টি নিম্নে বর্ণনা করা হইল।

হফ্‌ম্যানের প্রণালী (Hofmann's Process) ঃ

পরীক্ষা ঃ সরু মুখযুক্ত একটি চওড়া কাঁচের নল লওয়া হয়। ইহার উপর মুখে একটি ক্ষুদ্র ফানেল চাবী-সহযোগে যুক্ত থাকে ; নিম্নমুখের নলটিও একটি চাবীযুক্ত থাকে (চিত্র ১৫)।

পরীক্ষার প্রারম্ভে, চওড়া নলটির বর্হিগাত্রে দুইটি রবার বন্ধনী পরাইয়া নলটিকে সমান তিনটি অংশে বিভক্ত করিয়া লওয়া হয়। এখন নলটি সম্পূর্ণরূপে Cl_2-গ্যাস দ্বারা পূর্ণ করিয়া, উপরের ফানেলে, গাঢ় অ্যামোনিয়া দ্রবণ লওয়া হয় ও চাবী খুলিয়া ঐ দ্রবণ বিন্দু বিন্দু করিয়া নলমধ্যস্থ গ্যাসে যোগ করা হয়। NH_3 ও Cl_2 যুক্ত হইয়া গাঢ়-সাদা ধূম উৎপন্ন করিতে থাকে। যখন আর ধূম উৎপন্ন হয় না, তখন অ্যামোনিয়া দ্রবণ যোগ করা স্থগিত রাখিয়া ফানেল সাহায্যে কিছু H_2SO_4 যোগ করিয়া অতিরিক্ত NH_3কে প্রশমিত করা হয়। পরে সমগ্র নলটি উঠাইয়া একটি জলপূর্ণ পাত্রে স্থাপন করিয়া নিম্ননলের চাবীটি খুলিয়া দেওয়া হয়। নলমধ্যস্থ, উৎপন্ন NH_4Cl জলে দ্রবীভূত হইয়া নলের মধ্যে জল উঠিতে থাকে এবং পরীক্ষাফলে দেখা যায় যে, জলতল দ্বিতীয় রবার বন্ধনীর সীমারেখা স্পর্শ করে। নলের অবশিষ্টাংশ নাইট্রোজেন গ্যাস দ্বারা পূর্ণ থাকে বলিয়া ঐস্থানে জল উঠে না।



চিত্র—১৫
হফ্‌ম্যানের প্রণালী

গণনা ঃ

নলের মধ্যে ৩ আয়তন ক্লোরিণ লওয়া হইয়াছিল ও উহা NH_4Cl-রূপে পরিবর্তিত হইয়াছিল। এখন, ক্লোরিণ সম আয়তন হাইড্রোজেনের সহিত বিক্রিয়া করে ; অতএব ৩ আয়তন ক্লোরিণ, ৩ আয়তন হাইড্রোজেনের সহিত বিক্রিয়া করিয়াছিল। এই ৩ আয়তন হাইড্রোজেন, অবশ্যই যুক্ত অ্যামোনিয়া হইতে উৎপন্ন হইয়াছিল।

আবার, পরীক্ষাশেষে নলের মধ্যে ১ আয়তন নাইট্রোজেন অবশিষ্ট থাকে।

অতএব, অ্যামোনিয়া ১ আয়তন নাইট্রোজেন ও ৩ আয়তন হাইড্রোজেনের সমষ্টি।

ধরা যাক, ১ আয়তন নাইট্রোজেনে n সংখ্যক অণু আছে।

∴ n সংখ্যক নাইট্রোজেন অণু, ৩n সংখ্যক হাইড্রোজেন অণুর সহিত যুক্ত হইয়া অ্যামোনিয়া উৎপন্ন করে।

বা, ১ অণু নাইট্রোজেন, ৩ অণু হাইড্রোজেনের সহিত যুক্ত হইয়া অ্যামোনিয়া উৎপন্ন করে।

বা, ২টি নাইট্রোজেন পরমাণু, ৬টি হাইড্রোজেন পরমাণুর সহিত যুক্ত হইয়া অ্যামোনিয়া উৎপন্ন করে।

∴ $\frac{\text{অ্যামোনিয়া-মধ্যস্থ নাইট্রোজেন পরমাণুর সংখ্যা}}{\text{অ্যামোনিয়া-মধ্যস্থ হাইড্রোজেন পরমাণুর সংখ্যা}} = \frac{২}{৬} = \frac{১}{৩}$

অতএব, অ্যামোনিয়ার স্থূল সংকেত $= (NH_3)x$

এখন, অ্যামোনিয়ার বাষ্পঘনত্ব = ৮.৫

অতএব, অ্যামোনিয়ার আণবিক ভার = ২ × ৮.৫ = ১৭

অর্থাৎ, $(NH_3)x$ = ১৭

বা, (১ × ১৪ + ৩ × ১) × x = ১৭

বা, x = ১

অতএব, অ্যামোনিয়ার প্রকৃত আণবিক সংকেত NH_3

অনুশীলনী—৩

1. How would you prepare *pure* and *dry* Ammonia? Describe one experiment each to demonstrate its solubility in water, inflammability, lightness and basic character. *Pat., 1937; C U. 1917, '20, '35 '46; Delhi, 1945*

2. Why is Ammonia given the formula NH_3 and not N_2H_6, *C. U. 1944; Nag 1933; Banaras 1923.*

3. What is the action of Chlorine on Ammonia? How would you make use of it to demonstrate that the formula of the gas is NH_3; What is *dissociation*? *Lond. B. Sc.; C. U. I. Sc. 1936, '39, '55, ; B. Sc. 1916, '45*

4. Why can we not dry Ammonia with concentrated sulphuric acid or with Phosphorus pentoxide? How would you separate mixture of Oxygen and Ammonia? *Mysore U; J. M. B.; Punj. 1916, ; C. U. 1946.*

5. How is Ammonia manufactured? *C. U. 1932, '35, '37, '48,*

6. What is the modern method of the manufacture of Ammonia? What are the principal uses of Ammonia? *Delhi 1937*

7. Describe the preparation of *dry* Ammonia gas in the laboratory. Give a sketch of the apparatus you would use. Outline its important physical and chemical properties. With what uses of Ammonia are you acquainted? *C. U. 1954*
How would you prove that Ammonia is composed of three volumes of Hydrogen and one volume of Nitrogen? *C. U. 1956.*

8. How Ammonia is prepared by synthesis? How can you prove that formula of Ammonia is NH_3? What are the actions of NH_3 on metallic salts?

9. State what happens when NH_3 reacts on (a) HCl. (b) heated Na, (c) heated CuO. (d) heated Mg, (e) $CuSO_4$ solution and (f) Hg_2Cl_2 solution.

10. What are Ammonium salts; Describe the general properties of Ammonium salts.
How the followings are prepared and used?
(a) Ammonium Sulphate, (b) Ammonium Chloride, (c) Ammonium nitrate, (d) Ammonium Carbonate and (e) Ammonium Sulphide.

—0—

তৃতীয় অধ্যায়—(খ)

নাইট্রোজেনের যৌগসমূহ

(Compounds of Nitrogen)

নাইট্রোজেনের অক্সাইডসমূহ ঃ

নাইট্রোজেন, অক্সিজেনের সহিত সংযুক্ত হইয়া, বিভিন্ন অক্সাইড প্রস্তুত করে। প্রধানতঃ নিম্নলিখিত অক্সাইডগুলি গুরুত্বপূর্ণ—

১। নাইট্রোজেন মনোক্সাইড, নাইট্রাস অক্সাইড বা লাফিং গ্যাস (Laughing gas) ...N_2O

২। নাইট্রিক অক্সাইড ... NO

৩। নাইট্রোজেন ট্রায়ক্সাইড, বা নাইট্রাস অ্যানহাইড্রাইড ... N_2O_3

৪। নাইট্রোজেন টেট্রক্সাইড বা নাইট্রোজেন পারক্সাইড ... N_2O_4 বা NO_2

৫। নাইট্রোজেন পেণ্টক্সাইড বা নাইট্রিক অ্যানহাইড্রাইড ... N_2O_5

১। নাইট্রোজেন মনোক্সাইড, নাইট্রাস অক্সাইড ঃ (Nitrogen monoxide or nitrous oxide)

আণবিক সংকেত—N_2O ; আণবিক ভার—৪৪ ; ঘনত্ব—২২

আবিষ্কার ঃ

প্রিস্টলে প্রথমে নাইট্রাস অক্সাইড আবিষ্কার করেন, ও ডেভি প্রথম উহার ধর্মাবলী পরীক্ষা করেন।

প্রস্তুতি ঃ

(ক) পরীক্ষাগারে, বিশুদ্ধ ও অনার্দ্র অ্যামোনিয়ম নাইট্রেটকে উত্তপ্ত করিয়া নাইট্রাস অক্সাইড প্রস্তুত করা হয়।

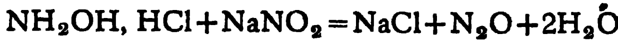
উৎপন্ন নাইট্রাস অক্সাইড শীতল জলে দ্রবণীয় বলিয়া, উত্তপ্ত জলের উপর ইহাকে সংগ্রহ করা হয়।

(খ) নাইট্রিক অ্যাসিডকে Zn বা $SnCl_2$ সহযোগে বিজারিত করিলে, N_2O উৎপন্ন হয়।



$$2HNO_3+4SnCl_2+8HCl=4SnCl_4+5H_2O+N_2O$$

(গ) হাইড্রক্সিলঅ্যামিন-হাইড্রোক্লোরাইড ও সোডিয়ম নাইট্রেট দ্রবণের বিক্রিয়ায় বিশুদ্ধ N_2O উৎপন্ন হয়।



$$NH_2OH, HCl + NaNO_2 = NaCl + N_2O + 2H_2O$$

উৎপন্ন N_2O কে, গাঢ় H_2SO_4 দ্বারা শুষ্কীকরণ করিয়া পারদের উপর সংগ্রহ করা হইয়া থাকে।

ধর্ম ঃ

নাইট্রাস অক্সাইড একটি মৃদু মিষ্টগন্ধযুক্ত বর্ণহীন গ্যাস। নাইট্রাস অক্সাইড আঘ্রাণ করিলে, স্নায়ুতন্ত্রে একটি মৃদু উত্তেজনা উৎপাদন করিয়া আঘ্রাণকারীর হাসির উদ্রেক করে বলিয়া, উহাকে লাফিং-গ্যাস (Laughing gas) বলা হয়। অধিক মাত্রায় নাইট্রাস অক্সাইড আঘ্রাণ করিলে, অচেতনতা এমনকি মৃত্যু পর্যন্ত ঘটে।

নাইট্রাস অক্সাইড শীতল জল ও অ্যালকোহলে দ্রবণীয় এবং বাতাস অপেক্ষা প্রায় দেড়গুণ ভারী।

নাইট্রাস অক্সাইড একটি প্রশম (neutral) অক্সাইড। ইহা দাহ্য নহে, কিন্তু অক্সিজেনের ন্যায় ইহা উত্তপ্ত ও জলন্ত পদার্থের দহনে সহায়তা করে। জলন্ত কাঠি, জলন্ত Na বা K ধাতু, জলন্ত সালফার প্রভৃতি, নাইট্রাস অক্সাইডের মধ্যে বর্ধিত তেজে জ্বলিতে থাকে। প্রকৃতপক্ষে, জলন্ত পদার্থের তাপে N_2O বিশ্লিষ্ট হইয়া অক্সিজেন উৎপন্ন করে ও উৎপন্ন অক্সিজেনই দহনের সহায়তা করে।

অক্সিজেনের সহিত নাইট্রাস অক্সাইডের বাহ্য সাদৃশ্য থাকিলেও নিম্ন প্রভেদগুলি আছে—

(ক) অক্সিজেন ক্ষারীয় পাইরোগ্যালেট দ্রবণে শোষিত হয়। N_2O হয় না।

(খ) অক্সিজেন NO গ্যাসের সংস্পর্শে বাদামী ধর্ম উৎপন্ন করে; N_2O করে না।

(গ) অক্সিজেন অ্যালকোহলে অল্পই দ্রবীভূত হয়; N_2O অধিক পরিমাণে হয়।

ব্যবহার ঃ

নাইট্রাস অক্সাইড উপযুক্ত মাত্রায় সতর্কভাবে প্রয়োগ করিয়া আঘ্রাণকারীকে সাময়িকভাবে অচেতন করা যায় বলিয়া, ১৮০০ খ্রীষ্টাব্দে ডেভি প্রথম নাইট্রাস অক্সাইডকে **সম্মোহক** (anaesthatic) রূপে ব্যবহারের প্রস্তাব করেন। ১৮৪৪ খৃষ্টাব্দে আমেরিকায় ডাঃ ওয়েলস, নাইট্রাস অক্সাইড সম্মোহকরূপে ব্যবহার করিয়া যন্ত্রণাহীন অস্ত্রোপচার কার্যে সাফল্যলাভ করেন। সম্মোহকরূপে নাইট্রাস অক্সাইডের ক্রিয়া নির্দোষ হইলেও উহা অপেক্ষাকৃত ব্যয়বহুল এবং উহার ক্রিয়া ক্ষণস্থায়ী বলিয়া, আধুনিক কালে অন্যান্য সম্মোহকই বেশী ব্যবহৃত হয়।

২। নাইট্রিক অক্সাইড :

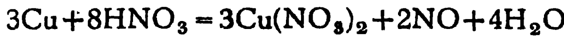
আণবিক সংকেত—NO ; আণবিক ভার—৩০ ; ঘনত্ব—১৫

আবিষ্কার :

মেয়ো (Mayow) ও **হেলমণ্ট** (Helmont) পূর্বে নাইট্রিক অক্সাইড প্রস্তুত করিলেও, প্রিস্টলেকেই সাধারণতঃ নাইট্রিক অক্সাইডের আবিষ্কর্তা বলা হয়।

প্রস্তুতি :

(ক) পরীক্ষাগারে, উল্ফ বোতলে কপার-কুচি (copper-turnings) ও গাঢ় নাইট্রিক অ্যাসিডের বিক্রিয়ায় নাইট্রিক অক্সাইড প্রস্তুত করা হয়—



$$3Cu+8HNO_3=3Cu(NO_3)_2+2NO+4H_2O$$

উৎপন্ন NO-এর প্রথমাংশ, বোতলের মধ্যস্থ বায়ুর সহিত বিক্রিয়ায় গাঢ়-বাদামী রঙের NO_2 উৎপন্ন করে ; এই NO_2 অপসৃত হইবার পর, বর্ণহীন নাইট্রিক অক্সাইডকে জলপূর্ণ গ্যাসজারে সংগৃহীত করা হয়।

(খ) KNO_3, $FeSO_4$ ও লঘু H_2SO_4 একটি ফ্লাস্কে উত্তপ্ত করিলে, বিশুদ্ধ NO উৎপন্ন হয়—



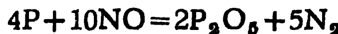
$$2KNO_3+6FeSO_4+4H_2SO_4=2Fe_2(SO_4)_3+2NO+K_2SO_4+4H_2O$$

উৎপন্ন NO গ্যাসকে গাঢ় H_2SO_4 সাহায্যে শুষ্কীকরণ করিয়া, পারদের উপর সংগ্রহ করা হয়।

ধর্ম :

নাইট্রিক অক্সাইড বাতাস অপেক্ষা ভারী, একটি বর্ণহীন গ্যাস। ইহা জলে অদ্রবণীয়।

নাইট্রিক অক্সাইড একটি প্রশম অক্সাইড। ইহা দাহ্য নয়, কিন্তু অতিমাত্রায় উত্তপ্ত বা পূর্ণজলন্ত কোনো পদার্থের ক্ষেত্রে, ইহা দহনের সহায়ক। সেজন্য ক্ষীণভাবে জলন্ত ফসফোরাস বা সালফার, নাইট্রাস অক্সাইড পূর্ণ পাত্রে নিমজ্জিত করিলে, ঐগুলি নির্বাপিত হয় ; কিন্তু পূর্ণ জলন্ত ফসফোরাস বা সালফার, অনুরূপ পরীক্ষায়, তীব্রতেজে জ্বলিয়া উঠে—



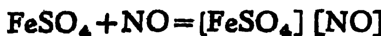
$$4P+10NO=2P_2O_5+5N_2$$

নাইট্রিক অক্সাইড, বায়ুর সহিত গাঢ় বাদামী রঙের নাইট্রোজেন পারকসাইড গ্যাস উৎপন্ন করে—



$$2NO+O_2=2NO_2$$

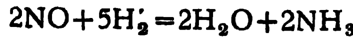
শীতল $FeSO_4$ দ্রবণে, NO সম্পূর্ণরূপে শোষিত হইয়া, একটি ঘন-বাদামী রঙের দ্রবণ উৎপন্ন করে—



$$FeSO_4+NO=[FeSO_4]\,[NO]$$

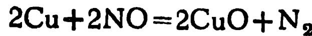
নাইট্রিক অক্সাইড, $KMnO_4$ দ্রবণে শোষিত হয় ও দ্রবণটি বর্ণহীন হইয়া যায়।

NO, হাইড্রোজেনের সহিত মিশ্রিতাবস্থায়, উত্তপ্ত প্লাটিনম প্রভাবকের উপর চালিত করিলে, অ্যামোনিয়া উৎপন্ন হয়—



$$2NO+5H_2=2H_2O+2NH_3$$

NO, তীব্র উত্তপ্ত কপার বা লৌহের উপর চালিত করিলে বিশুদ্ধ নাইট্রোজেন উৎপন্ন হয়—



$$2Cu+2NO=2CuO+N_2$$

ব্যবহার ঃ

প্রকোষ্ঠ প্রণালীতে (Chamber Process) সালফিউরিক অ্যাসিডের শিল্প প্রস্তুতিকালে, নাইট্রিক অক্সাইড ব্যবহৃত হয়।

৩। নাইট্রোজেন ট্রায়কসাইড, বা নাইট্রাস অ্যানহাইড্রাইড ঃ

আণবিক সংকেত—N_2O_3 ; আণবিক ভার—৭৬ ; ঘনত্ব—৩৮

নাইট্রোজেন ট্রায়কসাইড, নাইট্রোজেনের বিশুদ্ধ অক্সাইড নহে। সম্ভবতঃ, ইহা নাইট্রিক অক্সাইড ও নাইট্রোজেন পারকসাইডের মিশ্র।

প্রস্তুতি ঃ

(১) NO এবং NO_2 পৃথকভাবে প্রস্তুত করিয়া উহাদের একত্রে, একটি হিম-মিশ্রে নিমজ্জিত (−৩০° সে) ইউ-টিউবের মধ্য দিয়া চালনা করিলে একটি গাঢ় নীল-রঙের তরল পদার্থরূপে N_2O_3 পাওয়া যায়। $NO+NO_2=N_2O_3$

(২) ৫৬%HNO_3-এর সহিত আর্সেনিয়স অক্সাইড (As_4O_6) মিশ্রিত করিয়া চালনা করিলে গাঢ় নীলরঙের তরল N_2O_3 পাওয়া যায়—



$$As_4O_6+4HNO_3=2As_2O_5+2H_2O+2N_2O_3$$

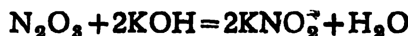
ধর্ম ঃ

৩। সাধারণ উষ্ণতায় অনার্দ্র N_2O_3 একটি রক্তাভ বাদামী রঙের গ্যাস। শীতল করিলে, উহা তরলীভূত হইয়া একটি নীল বর্ণের তরল পদার্থ উৎপন্ন করে। উত্তাপে ইহা বিয়োজিত হইয়া NO ও NO_2 উৎপন্ন করে। N_2O_3 জলে দ্রবণীয় এবং জলীয় দ্রবণে উহা নাইট্রাস অ্যাসিড উৎপন্ন করে—



$$N_2O_3+H_2O=2HNO_2$$

N_2O_3 অম্লধর্মী বলিয়া, উহা ক্ষার দ্রবণগুলিতে শোষিত হইয়া নাইট্রাইট শ্রেণীর লবণ উৎপন্ন করে—



$$N_2O_3+2KOH=2KNO_2+H_2O$$

ব্যবহার ঃ

N_2O_3-এর ব্যবহার সীমাবদ্ধ। প্রধানতঃ নাইট্রাইট লবণ উৎপাদনের জন্যই ইহা ব্যবহৃত হয়।

৪। নাইট্রোজেনের পারক্সাইড :

আণবিক সংকেত—NO_2 ও N_2O_4 ; আণবিক ভার--৪৬ ও ৯২ ; ঘনত্ব—২৩ ও ৪৬।

প্রস্তুতি :

(১) পরীক্ষাগারে, নাইট্রোজেন পারক্সাইড প্রস্তুতির জন্য, সাধারণতঃ কোনো ধাতব-নাইট্রেট (Na ও K-নাইট্রেট ব্যতীত) তীব্র উত্তপ্ত করা হয় ; উত্তাপে নাইট্রেট লবণ বিয়োজিত হইয়া ধাতব অক্সাইড, নাইট্রোজেন পারক্সাইড ও অক্সিজেন উৎপন্ন করে—



$$2Pb(NO_3)_2 = 2PbO + 4NO_2 + O_2$$

উৎপন্ন গ্যাসমিশ্রকে, একটি হিমমিশ্রে নিমজ্জিত ইউ-টিউবের মধ্য দিয়া চালনা করিলে, NO_2 তরলীভূত হইয়া যায় ও এইরূপে উহা অক্সিজেন হইতে পৃথক করা যায়—

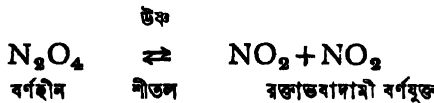
(২) নাইট্রিক অক্সাইড প্রস্তুত করিয়া, উহার সহিত অর্ধপরিমাণ আয়তনের অক্সিজেন মিশ্রিত করিলে, NO_2 উৎপন্ন হয়—



$$2NO + O_2 = 2NO_2$$

ধর্ম :

অতিনিম্ন উষ্ণতায় নাইট্রোজেনের পারক্সাইড একটি বর্ণহীন, কেলাসিত, কঠিন পদার্থ ; স্বল্প উষ্ণতায় নাইট্রোজেন পারক্সাইড একটি বর্ণহীন তরল পদার্থ এবং সাধারণত উষ্ণতায় ইহা একটি রক্তাভ বাদামী রঙের গ্যাস। উষ্ণতা বৃদ্ধির সহিত, নাইট্রোজেন পারক্সাইডের বর্ণ পরিবর্তন, বিয়োজনের জন্য ঘটিয়া থাকে—



নাইট্রিক অক্সাইডের ন্যায়, নাইট্রোজেনের পারক্সাইডও অতি তীব্র-উত্তপ্ত বা পূর্ণ জলন্ত পদার্থের, দহনের সহায়ক ; অন্য ক্ষেত্রে, ইহা দহনের সহায়ক নহে।

নাইট্রোজেন পারক্সাইড শীতল জলের সহিত বিক্রিয়ায়, নাইট্রিক ও নাইট্রাস অ্যাসিডের মিশ্র উৎপাদন করে—



$$N_2O_4 + H_2O = HNO_3 + HNO_2$$

সাধারণ উষ্ণতায় জল, বা জলের সহিত NO_2, নাইট্রিক অ্যাসিড ও নাইট্রিক অক্সাইড উৎপন্ন করে—



$$3NO_2 + H_2O = 2HNO_3 + NO$$

নাইট্রোজেন পারক্সাইড অম্লধর্মী বলিয়া ইহা ক্ষার দ্রবণে শোষিত হইয়া, নাইট্রেট ও নাইট্রাইট লবণ উৎপন্ন করে—



$$2NO_2+2NaOH=NaNO_3+NaNO_2+H_2O$$

ব্যবহার :

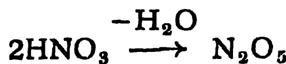
N_2O_4-এর ব্যবহার সীমাবদ্ধ। সালফিউরিক ও নাইট্রিক অ্যাসিডের শিল্পোৎপাদনের মধ্যবর্তী স্তরে ইহা বিক্রিয়ায় অংশ গ্রহণ করে। নাইট্রেট ও নাইট্রাইট লবণের উৎপাদনে ইহা ব্যবহৃত হয়।

৫। নাইট্রোজেন পেণ্টক্সাইড বা নাইট্রিক অ্যানহাইড্রাইড :

আণবিক সংকেত—N_2O_5 ; আণবিক ভার—১০৮ ; ঘনত্ব—৫৪

প্রস্তুতি :

(১) নাইট্রোজেন পেণ্টক্সাইড, নাইট্রিক অ্যাসিডের নিরুদক (anhydride); সেজন্য গাঢ় নাইট্রিক অ্যাসিডকে, P_2O_5 প্রভৃতি শোষক সহযোগে উত্তাপে বিক্রিয়া করিলে N_2O_5 উৎপন্ন হয়—



$$2HNO_3 \xrightarrow{-H_2O} N_2O_5$$

উৎপন্ন N_2O_5, উত্তাপে পাতিত হয়, ও পাতিত ঘন-কমলা রঙের তরল N_2O_5কে হিমমিশ্রে শীতল করিলে, বর্ণহীন N_2O_5-এর কেলাস পাওয়া যায়।

(২) ৬০°—৯০° সে. উত্তপ্ত $AgNO_3$-এর উপর অনার্দ্র ক্লোরিণ চালনা করিলে নাইট্রোজেন পেণ্টক্সাইড উৎপন্ন হয়—



$$4AgNO_3+2Cl_2=4AgCl+2N_2O_5+O_2$$

ধর্ম :

নাইট্রোজেন পেণ্টক্সাইড একটি শুভ্র, কেলাসিত, কঠিন পদার্থ। উত্তাপ সহযোগে ইহা সহজেই NO_2 ও অক্সিজেনে বিয়োজিত হয়। ইহা একটি জলাকর্ষী পদার্থ ও জলের সহিত তাপ উৎপাদন করিয়া সংযুক্ত হয়—



$$N_2O_5+H_2O=2HNO_3$$

ইহা অম্লধর্মী। ইহা ক্ষারের সহিত বিক্রিয়ায়, নাইট্রেট লবণসমূহ উৎপাদন করে—



$$2NaOH+N_2O_5=2NaNO_3+H_2O$$

ব্যবহার :

নাইট্রেট লবণ উৎপাদনে ও বিজারক পদার্থরূপে ইহা ব্যবহার করা হয়।

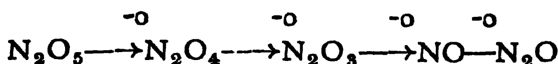
নাইট্রিক অ্যাসিড ও নাইট্রোজেনের অক্সাইড সমূহের সম্বন্ধ :

নাইট্রোজেনের প্রধান অম্ল, নাইট্রিক অ্যাসিড। নাইট্রিক অ্যাসিড, নাইট্রোজেন পেণ্টক্সাইড ও জলের বিক্রিয়ায় উৎপন্ন হয়। অক্সিজেনের মাত্রাভেদে নাইট্রোজেনের

যে বিভিন্ন অক্সাইড উৎপন্ন হয়, উহাদের সহিত N_2O_5এর (তথা, নাইট্রিক অ্যাসিডের) সম্পর্ক নিম্নলিখিতরূপে দেখান যায়—



$$2HNO_3 = N_2O_5 + H_2O$$

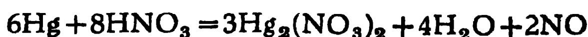


$$N_2O_5 \xrightarrow{-O} N_2O_4 \xrightarrow{-O} N_2O_3 \xrightarrow{-O} NO \xrightarrow{-O} N_2O$$

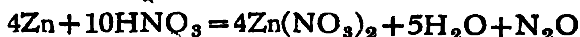
অর্থাৎ অক্সিজেনের মাত্রা ক্রমান্বয়ে হ্রাস পাইয়া N_2O_5 হইতে বিভিন্ন অক্সাইড-গুলি উৎপন্ন হয়। সুতরাং নাইট্রিক অ্যাসিডের বিজারণে নাইট্রোজেনের বিভিন্ন অক্সাইডসমূহ উৎপন্ন হইতে পারে। প্রকৃতই, নাইট্রিক অ্যাসিডের বিভিন্ন ধাতুর সহিত বিক্রিয়ায়, নাইট্রোজেনের বিভিন্ন অক্সাইড উৎপন্ন হয়। যথা,



$$Cu + \underset{\text{গাঢ়}}{4HNO_3} = Cu(NO_3)_2 + 2H_2O + 2NO_2$$



$$6Hg + \underset{\text{লঘু}}{8HNO_3} = 3Hg_2(NO_3)_2 + 4H_2O + 2NO$$



$$4Zn + \underset{\text{লঘু}}{10HNO_3} = 4Zn(NO_3)_2 + 5H_2O + N_2O$$

অনুশীলনী—৩ (খ)

1. Give the names and formula of the oxides of Nitrogen. What is the action of (a) water and (b) KOH on them ?

2. How is pure Nitrous oxide prepared ? State its properties and uses, Both Nitrogen and Oxygen are the elements of Nitrous oxide and air, but still there are differences between Nitrous oxide and air. What are the differences ?

3. Prove that Nitrous oxide contains (a) Oxygen, (b) Nitrogen ; and it is a compound and not a mixture of Nitrogen and Oxygen.

4. Three cylinders are given to you full of colourless gases which may be either Oxygen, NO or N_2O. How will you identify them ?

5. What is the relation between Nitric acid and the different Oxides of Nitrogen ? Give the preparation, properties and uses of two acidic oxides of Nitrogen ?

—0—

তৃতীয় অধ্যায়—(গ)

নাইট্রিক অ্যাসিড
(Nitric acid)

আণবিক সংকেত—HNO_3 আণবিক ভার—৬৩

পূর্বকথা ঃ

প্রাচীন বৈজ্ঞানিকেরা দীর্ঘকাল হইতেই 'অ্যাকোয়া ফর্টিস' বা 'শক্তিশালী জল'-রূপে নাইট্রিক অ্যাসিডের ব্যবহার অবগত ছিলেন। দ্বাদশ শতাব্দীতে, প্রসিদ্ধ প্রাচীন আরব বিজ্ঞানী জিবার (Geber), হীরাকস (ফেরাস সালফেট) ও সোরার (নাইটার) পাতনে, নাইট্রিক অ্যাসিড প্রস্তুতির প্রণালী বর্ণনা করেন। সপ্তদশ শতাব্দীতে গ্লবার (Glauber) সোরা ও সালফিউরিক অ্যাসিড পাতনে নাইট্রিক অ্যাসিড প্রস্তুত করেন। ল্যাভয়সিয়ে (১৭৭৬) ও গে-ল্যুসাক (১৮১৬) নাইট্রিক অ্যাসিডের সংযুতি প্রমাণ করেন।

প্রাকৃতিক অস্তিত্ব ঃ

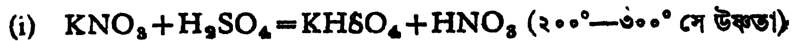
বায়ুস্থ নাইট্রোজেন ও অক্সিজেন বিদ্যুৎ-পাতে নাইট্রিক অক্সাইড ও উহা পরে বৃষ্টিজলের সহিত নাইট্রিক অ্যাসিড সৃষ্টি করে। বায়ুমণ্ডলস্থ এই নাইট্রিক অ্যাসিড ভূমিতে মৃত্তিকার সহিত বিক্রিয়ায় নাইট্রেট লবণ উৎপন্ন করে। নাইট্রিক অ্যাসিড প্রধানতঃ, ভূত্বকে নাইট্রেট-লবণরূপেই পাওয়া যায়। নাইট্রেট লবণের মধ্যে সোরা (Chili-saltpetre) পাওয়া যায় ; চিলি-সোরা, অল্প KNO_3 মিশ্রিত $NaNO_3$।

পরীক্ষাগারে নাইট্রিক অ্যাসিডের প্রস্তুতি ঃ

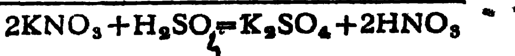
নাইট্রিক অ্যাসিড একটি উদ্বায়ী অ্যাসিড। সে কারণে, নাইট্রেট লবণের সহিত কোনো অনুদ্বায়ী অ্যাসিড মিশ্রিত করিয়া পাতন করিলে, নাইট্রিক অ্যাসিড বিচ্যুত ও পাতিত হইতে থাকে।

পরীক্ষাগারে নাইট্রিক অ্যাসিড প্রস্তুতির জন্য সাধারণতঃ নাইট্রেট লবণরূপে KNO_3, ও অনুদ্বায়ী অ্যাসিডরূপে গাঢ় H_2SO_4 লওয়া হয়। KNO_3-এর পরিবর্তে অপর নাইট্রেট লবণও ব্যবহার করা যায়।

KNO_3 ও H_2SO_4-এর মিশ্র উত্তপ্ত করিলে, নাইট্রিক অ্যাসিডের উৎপাদন দুইটি স্তরে ঘটে ; যথা—


(i) $KNO_3 + H_2SO_4 = KHSO_4 + HNO_3$ (২০০°—৩০০° সে উষ্ণতা)


(ii) $KHSO_4 + KNO_3 = K_2SO_4 + HNO_3$ (৮০০° সে উষ্ণতা)


$2KNO_3 + H_2SO_4 = K_2SO_4 + 2HNO_3$

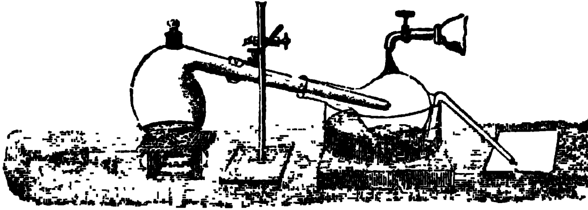
নাইট্রিক অ্যাসিড প্রস্তুতির জন্য সাধারণতঃ বিক্রিয়াটি প্রথম স্তরেই সীমাবদ্ধ রাখা হয়—কারণ, উচ্চ-উষ্ণতায় দ্বিতীয় স্তর পর্যন্ত বিক্রিয়ায় ;

(১) উৎপন্ন নাইট্রিক অ্যাসিড, অংশতঃ বিয়োজিত হইতে থাকে ;

(২) উৎপন্ন K_2SO_4 ; বিক্রিয়া-পাত্রে দৃঢ়ভাবে সংলগ্ন হইতে থাকে ;

(৩) উচ্চ উষ্ণতায়, উৎপন্ন নাইট্রিক অ্যাসিড বিক্রিয়া-পাত্রের (বিশেষতঃ ধাতু নির্মিত পাত্রের) সহিত তীব্র বিক্রিয়া করে।

পরীক্ষাগারে নাইট্রিক অ্যাসিড প্রস্তুতিতে, প্রথমতঃ একটি রিটর্ট লওয়া হয় রিটর্টের মধ্যে সমপরিমাণ পটাসিয়ম নাইট্রেট ও গাঢ় H_2SO_4 মিশ্রিত করিয়া



চিত্র ১৬—পরীক্ষাগারে নাইট্রিক অ্যাসিড প্রস্তুতি

রিটর্টটিকে একটি তারজালির উপর স্থাপন করা হয় ও রিটর্টের গ্রীবা-প্রান্তে একটি শীতল গ্রাহক রাখা হয়। গ্রাহকটি শীতল রাখার জন্য সাধারণতঃ উহা একটি জলপূর্ণ পাত্রে স্থাপন করিয়া রাখা হয় (চিত্র, ১৬)।

এখন রিটর্টটি উত্তপ্ত করিলে HNO_3 উৎপন্ন ও পাতিত হইয়া শীতল গ্রাহকে ঈষৎ হরিদ্রাভ তরলপদার্থরূপে ঘনীভূত হয়। পাতক ফ্লাস্কে $KHSO_4$ পড়িয়া থাকে।

বিশোধন ঃ

উৎপন্ন নাইট্রিক অ্যাসিড সম্পূর্ণরূপে বিশুদ্ধ হয় না, ও উহার সহিত কিছু NO_2 মিশ্রিত থাকে ; এই অ্যাসিডকে কিছু গাঢ় H_2SO_4 মিশ্রিত করিয়া নিম্নচাপে পাতন করিলে, ও পাতিত নাইট্রিক অ্যাসিডের মধ্য দিয়া বায়ু চালনা করিয়া NO_2 দূরীভূত করিলে, বিশুদ্ধ নাইট্রিক অ্যাসিড পাওয়া যায়।

নাইট্রিক অ্যাসিডের শিল্পোৎপাদন পদ্ধতি :

নাইট্রিক অ্যসিডের শিল্প প্রস্তুতিতে সাধারণতঃ তিনটি প্রণালী অবলম্বিত হয়—

(১) চিলি সল্ট-পিটার হইতে ; **পাতন প্রণালী** (Distillation process)

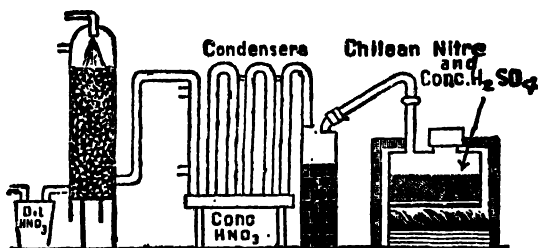
(২) বায়ুর নাইট্রোজেন ও অক্সিজেনের সংযোগ হইতে ; **আর্ক প্রণালী** (Arc Process)

(৩) অ্যামোনিয়ার জারণ হইতে ; **'অস্টোয়াল্ড প্রণালী'** (Ostwald's Process)।

১। পাতন প্রণালী ঃ

পরীক্ষাগারে নাইট্রিক অ্যাসিডের প্রস্তুতির যে প্রণালী ব্যবহৃত হয়, পাতন প্রণালীতেও সেই মূল সূত্রই অনুসৃত হইয়া থাকে। নিম্নের চিত্র ও বর্ণনা হইতে প্রণালীর প্রকৃত কার্যক্রম বুঝা যাইবে—

একটি লৌহ নির্মিত আধারে চিলি-সল্টপিটার ও গাঢ় H_2SO_4-এর মিশ্র লইয়া আধারটি চতুর্দিক হইতে চুল্লীর সাহায্যে উত্তপ্ত করা হয়। উত্তাপের ফলে, সল্টপিটার ও H_2SO_4-এর বিক্রিয়ায় HNO_3 উৎপন্ন হইয়া, গ্যাসরূপে আধারের উপরিস্থ নির্গম নল দিয়া বাহির হইয়া আসে, ও পরে নির্গমনলের সহিত সংযুক্ত ক্রমসজ্জিত



চিত্র ১৭—নাইট্রিক অ্যাসিডের শিল্প-প্রস্তুতি—প্রণালী

প্রস্তর বা মৃত্তিকা-নির্মিত শীতক-কুণ্ডলীতে (Condensers) প্রবেশ করে। এই শীতক দিয়া অতিক্রম করার কালে, HNO_3 তরলীভূত হইয়া শীতক-নিম্নের সংগ্রাহকে গাঢ় HNO_3 রূপে পাতিত হইতে থাকে। অবশিষ্ট অতি অল্প পরিমাণ অ-তরলীভূত HNO_3 শীতক হইতে বাহির হইয়া একটি স্তম্ভে (tower) প্রবেশ করে। স্তম্ভটি পাথরপূর্ণ থাকে ও উহার উপর হইতে শীতল জলের ধারাপাত করা হয়। স্তম্ভে প্রবিষ্ট HNO_3, শীতল জলে দ্রবীভূত হইয়া লঘু HNO_3 রূপে স্তম্ভনিম্নের সংগ্রাহকে সংগৃহীত হইয়া থাকে (চিত্র, ১৭)।

২। আর্ক প্রণালী বা বার্কল্যাণ্ড আইড প্রণালী (Arc Process or Birkeland Eyde Process) ঃ

মূলসূত্র ঃ

N_2 ও O_2 একটি তীব্র তাপগ্রাহী বিক্রিয়ায় সংযুক্ত হইলে, নাইট্রিক অক্সাইড উৎপন্ন করে—



$$N_2 + O_2 \rightleftharpoons 2NO - ৪৩২০০ \text{ ক্যালোরি}$$

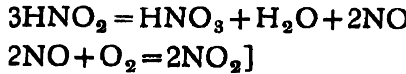
এই নাইট্রিক অক্সাইড, অতিরিক্ত অক্সিজেনের সহিত বিক্রিয়া করিলে নাইট্রোজেন পারক্সাইড উৎপন্ন হয়।



$$2NO + O_2 = 2NO_2$$

উৎপন্ন NO_2কে দ্রবীভূত করিলে, নাইট্রাস ও নাইট্রিক অ্যাসিড উৎপন্ন হয়— $2NO_2 + H_2O = HNO_2 + HNO_3$

[উৎপন্ন HNO_2 পরে বিয়োজিত হইয়া, অধিক HNO_3 ও NO উৎপন্ন করে এবং উৎপন্ন NO-কে পুনরায় HNO_3 রূপে পূর্বের ন্যায় পরিবর্তিত করা চলে।



$$3HNO_2 = HNO_3 + H_2O + 2NO$$
$$2NO + O_2 = 2NO_2$$]

প্রণালী ঃ

বায়ুর প্রধান উপাদান নাইট্রোজেন ও অক্সিজেন। বার্কল্যাণ্ড ও আইড প্রণালীতে HNO_3-এর উৎপাদনে, প্রথমতঃ পরিশোধিত বায়ুকে একটি তড়িৎ আর্ক চুল্লীতে (উষ্ণতা—৩০০০°—৩৫০০° সে.) প্রেরণ করিয়া, NO উৎপাদন করা হয়—



$$N_2 + O_2 \rightleftharpoons 2NO$$

বিক্রিয়াটি উভমূখী বলিয়া, অধিকাংশ NO উৎপাদনের পরই বিয়োজিত হইতে থাকে। উৎপন্ন NO (১—২%) ও অতিরিক্ত বায়ুকে তখন দ্রুততার সহিত শীতল করা হয় (৫০০° সে) পরে, NO ও বায়ুর মিশ্রকে আরো শীতল (৪০° সে.) একটি কক্ষে চালিত করিলে, NO, বায়ুস্থ অক্সিজেনের সহিত মিশ্রিত হইয়া, NO_2 উৎপন্ন করে— $2NO + O_2 = 2NO_2$

উৎপন্ন NO_2 তখন একটি শোষক-স্তম্ভে (absorption tower) চালনা করা হয়, শোষক স্তম্ভটি প্রস্তর নির্মিত ও ভিতরে প্রস্তর পূর্ণ থাকে। শোষক-স্তম্ভটির উপর হইতে লঘু HNO_3, বা জলের ধারাপাত করিলে NO_2 শোষিত হইতে থাকে ও HNO_3 রূপে নিম্নে সংগৃহীত হয়। অতি অল্প পরিমাণ NO_2, অশোষিত অবস্থায় স্তম্ভ হইতে নির্গত হয়। এই NO_2-কে, চুণাপাথর বা ক্ষার দ্রবণে শোষণ করিয়া লওয়া হয়।

এই প্রণালীটি বায়ু ও জল হইতে প্রত্যক্ষভাবে নাইট্রিক অ্যাসিড উৎপাদনের প্রণালী বলিয়া ইহা আপাতদৃষ্টিতে সুলভ। কিন্তু প্রণালীটিতে প্রচুর বৈদ্যুতিক শক্তির প্রয়োজন বলিয়া যে যে দেশে বিদ্যুৎ-শক্তি সুলভ নহে সে সকল দেশে ইহা প্রয়োগ করা ব্যয়বহুল। বর্তমানকালে অ্যামোনিয়া হইতেই নাইট্রিক অ্যাসিড উৎপাদন, সর্বাপেক্ষা সুলভ ও সহজসাধ্য প্রণালী এবং আর্ক প্রণালী প্রায় সর্বত্রই পরিত্যক্ত হইয়াছে।

৩। অ্যামোনিয়া হইতে নাইট্রিক অ্যাসিড: অস্টোয়াল্ড প্রণালী (Ostwald's Process):

অ্যামোনিয়া জারিত হইয়া, নাইট্রিক অক্সাইডে পরিবর্তিত হয়—

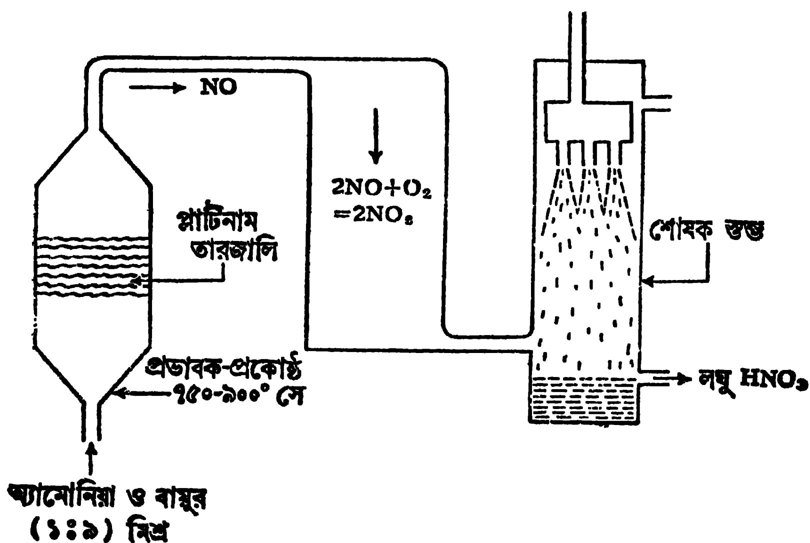


$$4NH_3 + 5O_2 = 4NO + 6H_2O$$

উৎপন্ন নাইট্রিক অক্সাইডকে অতিরিক্ত বায়ুর সহিত নাইট্রোজেন পারক্সাইড ও পরে জলে শোষিত করিয়া নাইট্রিক অ্যাসিডে পরিণত করা হয় ('আর্ক প্রণালী', পৃঃ ১৪৮ দ্রষ্টব্য)।

প্রণালী ঃ

বিশোধিত বায়ু (৯ ভাগ) ও অ্যামোনিয়ার (১ ভাগ) মিশ্র লইয়া দ্রুত ভাবে একটি প্রভাবক প্রকোষ্ঠে (Converter) চালিত করা হয়; প্রভাবক-প্রকোষ্ঠটি এলুমিনিয়ম ধাতুনির্মিত, ও উহার মধ্যে কয়েকটি প্লাটিনম তারজালি বিস্তৃত থাকে ও সমগ্র প্রকোষ্ঠটি বিক্রিয়ার প্রারম্ভে বৈদ্যুতিক উপায়ে ৭৫০°—৯০০° সে. উত্তপ্ত করিয়া লওয়া হয়। NH_3 ও অক্সিজেন প্লাটিনম-প্রভাবকের সান্নিধ্যে NO উৎপন্ন করে; বিক্রিয়াটি তাপদায়ী বলিয়া, উৎপন্ন তাপ হইতেই প্রকোষ্ঠটি পরবর্তী সময়ে উত্তপ্ত থাকে।



চিত্র ১৮—অস্টোয়াল্ড প্রণালীতে নাইট্রিক অ্যাসিডের উৎপাদন

নাইট্রিক অক্সাইড উৎপন্ন হইবার পর, উহা পরবর্তী একটি প্রকোষ্ঠে অতিরিক্ত অক্সিজেনের সহিত জারিত হইয়া NO_2 উৎপন্ন করে। উৎপন্ন NO_2 কে তখন একটি শোষকস্তম্ভের মধ্য দিয়া চালিত করিয়া, ও স্তম্ভের উপর হইতে শীতল জলের ধারাপাত করিয়া NO_2 কে শোষিত করিলে, স্তম্ভ-নিম্নের সংগ্রাহকে লঘু HNO_3 পাওয়া যায়। অতিরিক্ত অশোষিত NO_2 কে, আর্ক-প্রণালীর ন্যায়, ক্ষার-দ্রবণে শোষণ করিয়া নাইট্রেট লবণ উৎপন্ন করা হয় (চিত্র ১৮)।

এই প্রণালীটি সহজসাধ্য ও সুলভতম বলিয়া, বর্তমানে পৃথিবীর সর্বত্রই HNO_3 উৎপাদনের জন্য প্রণালীটি অনুসৃত হয়। এই প্রণালীতে অ্যামোনিয়ার ৯০% নাইট্রিক অ্যাসিডে পরিণত হয়।

নাইট্রিক অ্যাসিডের বিশোধন ঃ

শিল্পোৎপাদিত নাইট্রিক অ্যাসিডে প্রায়শঃই, ক্লোরিণ, আয়োডিক অ্যাসিড, H_2SO_4, লৌহ-ঘটিত লবণ, N_2O_4 প্রভৃতি কলুষ পদার্থ থাকে।

শিল্পোৎপাদিত নাইট্রিক অ্যাসিড হইতে বিশুদ্ধ নাইট্রিক আাসিড উৎপাদনের জন্য, প্রথমতঃ নাইট্রিক অ্যাসিডকে কাঁচ-নির্মিত রিটর্টে পাতন করা হয় ও পাতনের প্রথম ও শেষাংশ পরিত্যাগ করিয়া, মধ্যমাংশ গ্রহণ করা হয়। এই পাতিত নাইট্রিক অ্যাসিডকে পুনঃপাতন করিয়া, পাতিত তরল পদার্থে উষ্ণ-বায়ু চালনা করিয়া N_2O_4 দূরীভূত করিলে, প্রায় বিশুদ্ধ HNO_3 (৯৯·৮%) পাওয়া যায়।

ফিউমিং নাইট্রিক অ্যাসিড (Fuming nitric acid) ঃ—

গাঢ় HNO_3 ছাড়া, শিল্পে ও পরীক্ষাগারে ফিউমিং নাইট্রিক আাসিড কোন কোন ক্ষেত্রে ব্যবহার হয়। গাঢ় HNO_3 অ্যাসিডকে অল্প স্টার্চ সহযোগে পাতন করিলে গাঢ়-রক্ত বর্ণের যে তরল পদার্থ পাওয়া যায়, উহাই ফিউমিং নাইট্রিক অ্যাসিড। এই অ্যাসিডে যথেষ্ট পরিমাণ N_2O_4 দ্রবীভূত থাকায়, উহার বর্ণ ঐরূপ হয়। ফিউমিং নাইট্রিক অ্যাসিড, গাঢ় HNO_3 অপেক্ষাও অধিক শক্তিশালী জারক-পদার্থ।

নাইট্রিক অ্যাসিডের ধর্ম—

১। ভৌত ধর্ম ঃ

নাইট্রিক অ্যাসিড বিশুদ্ধ অবস্থায়, বর্ণহীন, উদ্বায়ী ও জলাকর্ষী তরল পদার্থ। ১৪° সে. উষ্ণতায় ইহার ঘনত্ব ১·৫২ ; ৬৮% নাইট্রিক অ্যাসিডের ঘনত্ব ১·৪১৪ এবং স্ফুটনাংক ১২০·৫° সে। বিশুদ্ধ নাইট্রিক অ্যাসিডের স্ফুটনাংক ৮৬° সে, ও সেই উষ্ণতায় স্ফুটনকালে, ইহার বিয়োজন ঘটিতে থাকে।

নাইট্রিক অ্যাসিড, সকল উষ্ণতায়ই বিয়োজিত হইতে থাকে। সেজন্য সাধারণ নাইট্রিক অ্যাসিডের বোতলে নাইট্রিক অ্যাসিডের বর্ণ ঈষৎ বাদামী রঙের। আলোক সহযোগে উক্ত বিয়োজন প্রভাবিত হয়, উত্তাপ সহযোগে নিম্নোক্তরূপ দ্রুত বিয়োজন ঘটে—



$$4HNO_3 = 4NO_2 + O_2 + 2H_2O.$$

২। রাসায়নিক ধর্ম ঃ

(ক) নাইট্রিক অ্যাসিড একটি তীব্র এক-ক্ষারীয় অম্ল। দ্রবণাবস্থায় ইহা হইতে H^+ আয়ন উৎপন্ন হয়—



$$HNO_3 \rightleftharpoons H^+ + NO_3^-$$

অম্লরূপে নাইট্রিক অ্যাসিড, বিভিন্ন ক্ষার ও ক্ষারককে প্রশমিত করিয়া লবণ উৎপন্ন করে—



$$NaOH + HNO_3 = NaNO_3 + H_2O$$

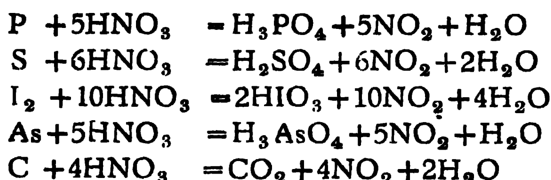


$$CaO + 2HNO_3 = Ca(NO_3)_2 + H_2O$$

(খ) নাইট্রিক অ্যাসিড একটি উচ্চ শক্তির জারক পদার্থ ও বহু ধাতু, অধাতু, ধাতব লবণ এবং জৈব ও অজৈব যৌগিক, HNO_3 এর সংস্পর্শে জারিত হয়। নিম্নে নাইট্রিক অ্যাসিডের জারণ ক্রিয়ার কয়েকটি উদাহরণ দেওয়া হইল—

নাইট্রিক অ্যাসিড ও অধাতুর বিক্রিয়া—

অধিকাংশ অধাতুই; নাইট্রিক অ্যাসিডের সহিত বিক্রিয়ায় অক্সাইড বা অক্সি-অ্যাসিডে রূপান্তরিত হয়। এইরূপে ফসফোরাস—ফসফোরিক অ্যাসিড, সালফার—সালফিউরিক অ্যাসিড, আয়োডিন—আয়োডিক অ্যাসিড ইত্যাদিতে রূপান্তরিত হয়—



$$P + 5HNO_3 = H_3PO_4 + 5NO_2 + H_2O$$
$$S + 6HNO_3 = H_2SO_4 + 6NO_2 + 2H_2O$$
$$I_2 + 10HNO_3 = 2HIO_3 + 10NO_2 + 4H_2O$$
$$As + 5HNO_3 = H_3AsO_4 + 5NO_2 + H_2O$$
$$C + 4HNO_3 = CO_2 + 4NO_2 + 2H_2O$$

নাইট্রিক অ্যাসিড ও ধাতুর বিক্রিয়া—

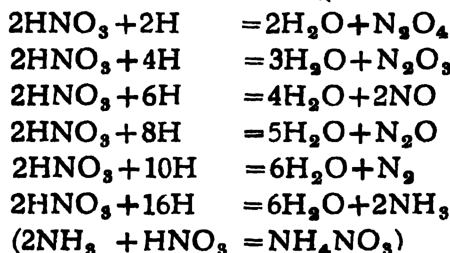
নাইট্রিক অ্যাসিড, প্রথমতঃ অম্ল ও দ্বিতীয়তঃ উহা জারক পদার্থ। ধাতুর সহিত বিক্রিয়ায়, নাইট্রিক অ্যাসিডের এই যুগ্মধর্মই একত্র ক্রিয়া করে বলিয়া নাইট্রিক অ্যাসিডের সহিত ধাতুগুলির বিক্রিয়া অপেক্ষাকৃত জটিল।

নাইট্রিক অ্যাসিডের সহিত ধাতুর বিক্রিয়ায়—

(১) প্রথমতঃ, ধাতুর নাইট্রেট উৎপন্ন হয় ;

(২) দ্বিতীয়তঃ, অম্ল ও ধাতুর বিক্রিয়ায় যেরূপ H_2 উৎপন্ন হয়, HNO_3 ও ধাতুর বিক্রিয়ায় সেরূপ হয় না ; উৎপন্ন হাইড্রোজেন HNO_3-এর জারক ধর্মের জন্য, জারিত হইয়া জল (H_2O) উৎপন্ন করে এবং HNO_3 বিজারিত হইয়া ধাতু-বিশেষে নাইট্রোজেনের বিভিন্ন অক্সাইড, অ্যামোনিয়া ও অ্যামোনিয়ম নাইট্রেটে পরিণত হয়।

HNO_3-এর এই ক্রম-বিজারণকে নিম্নোক্তরূপে বুঝা যায়—



$$2HNO_3 + 2H = 2H_2O + N_2O_4$$
$$2HNO_3 + 4H = 3H_2O + N_2O_3$$
$$2HNO_3 + 6H = 4H_2O + 2NO$$
$$2HNO_3 + 8H = 5H_2O + N_2O$$
$$2HNO_3 + 10H = 6H_2O + N_2$$
$$2HNO_3 + 16H = 6H_2O + 2NH_3$$
$$(2NH_3 + HNO_3 = NH_4NO_3)$$

ধাতুর প্রকৃতি, বিক্রিয়ক HNO_3-এর গাঢ়তা, ও অবস্থা এবং উষ্ণতার ভেদে—নাইট্রিক অ্যাসিড ও ধাতুর বিক্রিয়াগুলি নির্ধারিত হইয়া থাকে।

নিম্নে, কয়েকটি প্রধান ধাতুর সহিত HNO_3-এর বিক্রিয়া আলোচনা করা হইল—

কপার

(i) শীতল ও গাঢ় HNO_3, N_2O_4 উৎপন্ন করে—



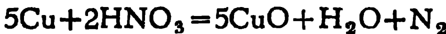
$$Cu+4HNO_3=Cu(NO_3)_2+2H_2O+N_2O_4$$

(ii) শীতল ও অল্প-গাঢ় HNO_3, NO উৎপন্ন করে—



$$3Cu+8HNO_3=3Cu(NO_3)_2+4H_2O+2NO$$

(iii) তীব্র উত্তপ্ত কপারের উপর, গ্যাস অবস্থায় HNO_3-এর বিক্রিয়ায়, N_2 উৎপন্ন হয়—



$$5Cu+2HNO_3=5CuO+H_2O+N_2$$

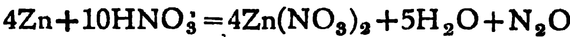
জিংক

(i) শীতল ও লঘু HNO_3, NH_4NO_3 উৎপন্ন করে—



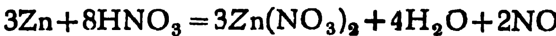
$$4Zn+10HNO_3=4Zn(NO_3)_2+3H_2O+NH_4NO_3$$

(ii) শীতল ও বিশেষ গাঢ়তার HNO_3, N_2O উৎপন্ন করে—



$$4Zn+10HNO_3=4Zn(NO_3)_2+5H_2O+N_2O$$

(iii) শীতল ও অল্প-গাঢ়-HNO_3, NO উৎপন্ন করে—



$$3Zn+8HNO_3=3Zn(NO_3)_2+4H_2O+2NO$$

(iv) গাঢ়-HNO_3, N_2O_4 উৎপন্ন করে—



$$Zn+4HNO_3=Zn(NO_3)_2+4H_2O+N_2O_4$$

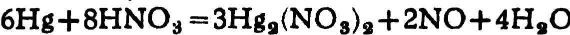
মার্কারী

(i) উত্তপ্ত গাঢ়-HNO_3, মার্কিউরিক নাইট্রেট, NO ও NO_2 উৎপন্ন করে—



$$2Hg+6HNO_3=2Hg(NO_3)_2+NO+NO_2+3H_2O$$

(ii) শীতল ও লঘু HNO_3, মার্কিউরাস নাইট্রেট ও NO উৎপন্ন করে—



$$6Hg+8HNO_3=3Hg_2(NO_3)_2+2NO+4H_2O$$

লৌহ

(i) শীতল ও লঘু HNO_3, ফেরাস নাইট্রেট ও NH_4NO_3 উৎপন্ন করে—



$$4Fe+10HNO_3, =4Fe(NO_3)_2+3H_2O+NH_4NO_3$$

(ii) গাঢ় HNO_3, ফেরিক নাইট্রেট ও NO_2 উৎপন্ন করে—

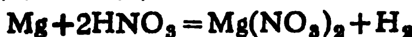


$$Fe+6HNO_3=Fe(NO_3)_3+3H_2O+3NO_2$$

(iii) অতি গাঢ় HNO_3-এর সহিত Fe-এর কোন বিক্রিয়া ঘটে না; উহা নিষ্ক্রিয় (passive) হইয়া যায়।

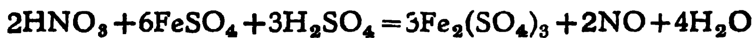
ম্যাগনেসিয়ম ও ম্যাংগানিজ

ম্যাগনেসিয়ম ও ম্যাংগানিজ ধাতু নাইট্রিক অ্যাসিডের সহিত বিক্রিয়ায়, কেবলমাত্র ধাতব নাইট্রেট ও হাইড্রোজেন উৎপন্ন করে।

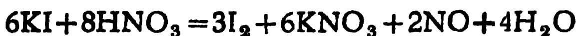


$$Mg+2HNO_3=Mg(NO_3)_2+H_2$$

(গ) বহু জৈব ও অজৈব যৌগিক, নাইট্রিক অ্যাসিড সহযোগে জারিত হয়। এইরূপে, লেড সালফাইড—লেড সালফেটরূপে, FeS—$FeSO_4$ রূপে ও পরে $Fe_2(SO_4)_3$ রূপে HCl—ক্লোরিণরূপে, ও KI—আয়োডিনরূপে জারিত হয়—



$$2HNO_3+6FeSO_4+3H_2SO_4=3Fe_2(SO_4)_3+2NO+4H_2O$$



$$6KI+8HNO_3=3I_2+6KNO_3+2NO+4H_2O$$



$$3HCl+HNO_3=NOCl+2H_2O+Cl_2$$

কাঠের গুঁড়া, তার্পিন তৈল প্রভৃতি গাঢ় HNO_3এর সান্নিধ্যে তীব্র জারণ ক্রিয়ায়, জ্বলিয়া উঠে।

নাইট্রিক অ্যাসিডের নিরীক্ষা ঃ

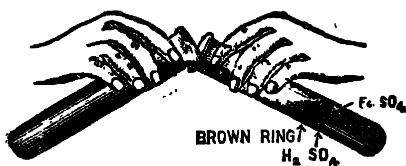
(১) নাইট্রিক অ্যাসিড নীল লিটমাসকে লাল করে।

(২) নাইট্রিক অ্যাসিড, ইন্‌ডিগোকে (Idigo) বর্ণহীন করে।

(৩) নাইট্রিক অ্যাসিড, কপার-কুচির সহিত বাদামী গ্যাস উৎপন্ন করে।

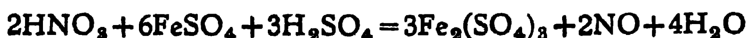
(৪) বলয় পরীক্ষা (Ring test) ঃ

একটি পরীক্ষা নলে ১-ফোঁটা HNO_3 লইয়া, উহা জলে পূর্ণ করা হইল। এইরূপে যে HNO_3 পাওয়া গেল, উহার ২—৩ সি. সি. পরিমাণ টেষ্ট-টিউবে লইয়া উহার সহিত সমপরিমাণ গাঢ় H_2SO_4 মিশ্রিত করা হইল এবং মিশ্রণটিকে শীতল করিয়া উহার সহিত অতিরিক্ত মাত্রায় সদ্যপ্রস্তুত ফেরাস সালফেট দ্রবণ সতর্কভাবে অতি ধীরে যোগ করা হইল। ফেরাস সালফেট ও মিশ্র দ্রবণটির সংযোগ স্থলে একটি বাদামী বলয় উৎপন্ন হয়। (চিত্র ১৯)। HNO_3-এর পরিবর্তে নাইট্রেট লবণের দ্রবণ হইয়াও, পূর্বোক্ত নিরীক্ষাটি করা যায়। এই নিরীক্ষাটি অ্যাসিড ও নাইট্রেট লবণের একটি নিশ্চিত-নিরীক্ষা।



চিত্র ১৯—বলয় পরীক্ষা

এই নিরীক্ষায়, HNO_3 প্রথমতঃ $FeSO_4$ দ্বারা বিজারিত হইয়া NO উৎপন্ন করে ; পরে এই NO, $FeSO_4$ দ্রবণে দ্রবীভূত হইয়া একটি বাদামী-যৌগিক উৎপন্ন করে ও উহাই বলয়টির সৃষ্টি করে।



$$2HNO_3+6FeSO_4+3H_2SO_4=3Fe_2(SO_4)_3+2NO+4H_2O$$



$$FeSO_4+NO=[FeSO_4]\,[NO]$$

ব্রুসিন (brucine) জৈব যৌগিকটি নাইট্রিক অ্যাসিড সহযোগে লাল রঙ ধারণ করে।

নাইট্রিক অ্যাসিডের ব্যবহার ঃ

নাইট্রিক অ্যাসিড, ধাতুকে দ্রবীভূত করিতে ও ধাতু খোদাইয়ের কার্যে ব্যবহৃত হয়। নাইট্রেট লবণ উৎপাদন, সালফিউরিক অ্যাসিড উৎপাদন, বিস্ফোরক উৎপাদন যথা, গান-কটন (gun cotton), প্রিক্রিক অ্যাসিড (picric acid), ডিনামাইট (dynamite) ইত্যাদিতে নাইট্রিক অ্যাসিড ব্যবহার হয়। সেলুলয়েড ও নানা জৈব যৌগিক উৎপাদনে নাইট্রিক অ্যাসিড ব্যবহার হয়। কয়েকটি বিদ্যুৎ-কোষে ও ঔষধাদিতেও নাইট্রিক অ্যাসিড ব্যবহৃত হইয়া থাকে।

তৃতীয় অধ্যায় (ঘ)—সংযোজন

সোডিয়ম ও পটাসিয়ম নাইট্রেট ঃ

নাইট্রেট লবণগুলির মধ্যে, সোডিয়ম ও পটাসিয়মের নাইট্রেটই অধিকমাত্রায় প্রকৃতিতে পাওয়া যায় এবং এই দুইটি নাইট্রেটই, নাইট্রেট লবণগুলির মধ্যে অধিক

প্রকৃতিজ নাইট্রেট খনিজের মধ্যে চিলিতে প্রাপ্ত চিলি সল্টপিটারই বৃহত্তম পরিমাণে পাওয়া গিয়াছে। ভারতবর্ষ, চীন, মেক্সিকো, পেরু, মিশর ও আফ্রিকায় কিছু কিছু নাইট্রেট (সোরা) পাওয়া যায়।

আর্ক-প্রণালী ও অস্টোয়াল্ড প্রণালী উদ্ভাবনের পূর্বে চিলি সল্টপিটারই নাইট্রিক অ্যাসিড তৈয়ারির প্রধান কাঁচামাল ছিল, এবং উহাই নাইট্রোজেন-ঘটিত কৃত্রিম-সারের প্রধান উপকরণ ছিল। উপরোক্ত প্রণালীগুলি উদ্ভাবিত হইবার পর নাইট্রিক অ্যাসিড হইতে, বর্তমানে বিভিন্ন নাইট্রেটের শিল্পোৎপাদন হইতেছে। বর্তমানে রাসায়নিক সাররূপে যে নাইট্রেট ব্যবহার হয়, উহার ৮—১০% চিলি-জাত প্রাকৃতিক নাইট্রেট ; অবশিষ্টাংশ নাইট্রিক অ্যাসিড হইতে উৎপন্ন হয়।

সোডিয়ম নাইট্রেট ($NaNO_3$) ঃ

প্রকৃতিজ সোডিয়ম নাইট্রেট, ক্যালিক (Kaliche) নামে চিলির মরুভূমি অঞ্চলে ৪৫০ মাইল দীর্ঘ ও ১০-৫০ মাইল প্রস্থের দীর্ঘ বিস্তৃত স্তরে পাওয়া যায়। অশোধিত ক্যালিককে, কিছু পরিমাণ সোডিয়মের ক্লোরাইড ও সালফেট, এবং পটাসিয়ম, ক্যালসিয়ম ও ম্যাগনেসিয়মেরও লবণ মিশ্রিতাবস্থায় থাকে।

পটাসিয়ম নাইট্রেট (KNO_3) ঃ

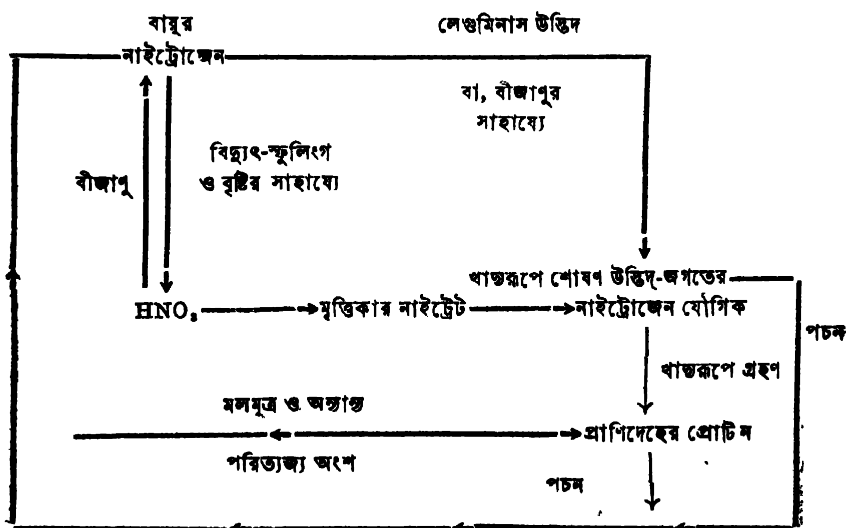
ভারতবর্ষ, তুরস্ক, স্পেন, পেরু, পারস্য, মেক্সিকো, চীন প্রভৃতি দেশে প্রাকৃতিক পটাসিয়ম নাইট্রেটের স্তর দৃষ্ট হয়। ভারতবর্ষের সোরা-শিল্প বহু প্রাচীনকাল হইতেই প্রচলিত। সোরাজাত মৃত্তিকাকে অনুস্রাবণ (lixiviation), পরিস্রাবণ, বাষ্পীভবন ও কেলাসন করিয়া বিশোধিত পটাসিয়ম নাইট্রেট পাওয়া যায়।

সোডিয়ম ও পটাসিয়ম নাইট্রেট—রাসায়নিক সারে, সালফিউরিক অ্যাসিড উৎপাদনে, সেরামিক প্রস্তুতিতে, বিস্ফোরক প্রস্তুতিতে, সোডিয়ম আর্সেনেট উৎপাদনে, বাজী ও বারুদের প্রস্তুতিতে, ধাতুশিল্পে ও পেনিসিলিন প্রস্তুতিতে ব্যবহার হয়।

নাইট্রোজেন চক্র ঃ

প্রাণী ও উদ্ভিদ্-জগতের জৈবকোষের একটি অপরিহার্য উপাদান—প্রোটিন (Proteins)। প্রোটিন একটি নাইট্রোজেনঘটিত উপাদান এবং সেইজন্যই নাইট্রোজেন ব্যতীত উদ্ভিদ্ বা প্রাণীজগতের উদ্ভব বা রক্ষণ সম্ভব নয়। নাইট্রোজেনের বিপুল উৎস বায়ু। বায়ু হইতেই উদ্ভিদ ও প্রাণিজগতের প্রয়োজনীয় নাইট্রোজেন সরবরাহ হইয়া থাকে। উদ্ভিদ ও প্রাণীজগৎ কর্তৃক প্রভূত পরিমাণে নাইট্রোজেন ব্যবহৃত হইলেও একটি স্বতঃনিয়ন্ত্রিত প্রক্রিয়ায় বায়ুর নাইট্রোজেন অংশ নিত্য (fixed) থাকে।

উদ্ভিদ জগৎ প্রথমতঃ মৃত্তিকা হইতে প্রত্যক্ষভাবে, বা বীজাণুর সাহায্যে নাইট্রোজেন সংগ্রহ করে। কতকগুলি বিশেষ উদ্ভিদ (leguminous plants) প্রত্যক্ষভাবে বায়ু হইতেও নাইট্রোজেন সংগ্রহ করে। উদ্ভিজ্জাত নাইট্রোজেন, প্রাণীদেহে খাদ্যরূপে গৃহীত হইয়া, প্রাণিদেহের নাইট্রোজেনের চাহিদা পূরণ করে। আবার প্রাণিদেহে মলমূত্রাদি ও মৃতদেহের পচনে ও উদ্ভিদের পচনে—উহাদের নাইট্রোজেন, মৃত্তিকা ও বায়ুতে ফিরিয়া আসে। বায়ুর নাইট্রোজেন বিদ্যুৎ স্ফুলিংগের সাহায্যে প্রথমতঃ নাইট্রিক অক্সাইড ও পরে বৃষ্টিজলে ধৌত হইয়া নাইট্রিক অ্যাসিড ও নাইট্রেটরূপে মৃত্তিকায় সঞ্চিত হয়। মৃত্তিকার এই সঞ্চিত নাইট্রেট, পরে আবার উদ্ভিদ দ্বারা গৃহীত হইয়া থাকে। এই স্বতঃনিয়ন্ত্রিত প্রাকৃতিক প্রক্রিয়ার ফলেই, বায়ুতে নাইট্রোজেনের পরিমাণ নিত্য থাকে ও এই প্রক্রিয়াকে **'নাইট্রোজেন-চক্র'** (Nitrogen Cycle) বলা হয়।



চিত্র ২০—নাইট্রোজেন-চক্রের রেখাচিত্র

কৃত্রিম সার ব্যবহারের প্রয়োজনীয়তা ঃ

প্রাণী ও উদ্ভিদ দেহকোষের প্রধান উপাদান প্রোটিন, দেহকোষের সৃষ্টি, রক্ষা ও পুষ্টির জন্য অপরিহার্য। বায়ু হইতে প্রাকৃতিক নাইট্রোজেন-চক্রের সাহায্যে, মৃত্তিকায় যে নাইট্রেট উৎপন্ন হয়, উহা উদ্ভিদজগৎ কর্তৃক উদ্ভিদ-খাদ্যরূপে নিয়ত ব্যবহৃত হইতে থাকে ; আবার উদ্ভিদ, প্রাণী-খাদ্যরূপে ক্রমান্বয়ে ব্যবহৃত হয়। যে হারে প্রাণী তথা উদ্ভিদের খাদ্যরূপে, প্রাকৃতিক নাইট্রেট গৃহীত হয়, সেই হারে অনেকক্ষেত্রেই উহার প্রাকৃতিক পূরণ হয় না। বিশেষতঃ পৃথিবীর বর্তমান দ্রুত-বর্ধিত জনসংখ্যার খাদ্যের প্রয়োজনে, জমিতে যে হারে ফসল উৎপাদন হয় তাহাতে মৃত্তিকাস্থ নাইট্রেট ও অন্যান্য সার দ্রুত হ্রাস পায়, ও জমি অনুর্বর হইয়া পড়ে। জমির উর্বরতা ও ফসলের ফলন অব্যাহত রাখিতে, সে কারণে, কৃত্রিম সার প্রয়োগ প্রয়োজন।

কৃত্রিম সার সাধারণত জৈব ও অজৈব দুই শ্রেণীর। পশু, পক্ষী, মৎস্যাদির গলিত মৃতদেহ, উদ্ভিদাদির গলিত অবশেষ, মল-মূত্রাদি, পাখীর বিষ্ঠা, গোবর, কম্পোষ্ট সার ইত্যাদিতে প্রচুর নাইট্রোজেন-ঘটিত যৌগিক থাকে বলিয়া, ঐগুলি জমির উৎকৃষ্ট সার।

অজৈব সারের মধ্যে, নাইট্রেট লবণ, পটাসিয়ম যৌগিক যুক্ত বৃক্ষাদির ভস্ম, ফসফেট যুক্ত খনিজের গুঁড়া ও হাড়ের গুঁড়া, ইউরিয়া, অ্যামোনিয়ম নাইট্রেট, অ্যামোনিয়ম সালফেট ও ফসফেট, বেসিক স্ল্যাগ (Basic slag) ইত্যাদি আধুনিক কালে প্রচুর ব্যবহৃত হইতেছে।

নাইট্রেট লবণের উপর উত্তাপ-ঘটিত বিক্রিয়া ঃ

সোডিয়ম, পটাসিয়ম ও অ্যামোনিয়ম নাইট্রেট লবণগুলি বাদে, অন্যান্য ধাতব-নাইট্রেটগুলি, (বিশেষতঃ গুরুভার ধাতুর নাইট্রেট) উত্তাপে বিযোজিত হইয়া ধাতব অক্সাইড, নাইট্রোজেন পারক্সাইড ও অক্সিজেন উৎপন্ন করে—



$$2Pb(NO_3)_2 = 2PbO + 4NO_2 + O_2$$

সোডিয়ম ও পটাসিয়মের নাইট্রেট উত্তাপযোগে বিয়োজিত হইয়া নাইট্রাইট লবণ ও অক্সিজেন উৎপন্ন করে—



$$2KNO_3 = 2KNO_2 + O_2$$



$$2NaNO_3 = 2NaNO_2 + O_2$$

অ্যামোনিয়ম নাইট্রেট, উত্তাপ যোগে বিয়োজিত হইয়া নাইট্রাস অক্সাইড ও জল উৎপন্ন করে—

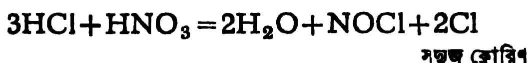


$$NH_4NO_3 = N_2O + 2H_2O.$$

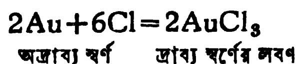
অ্যাকোয়া-রিজিয়া (Aqua regia) ঃ

স্বর্ণ, প্লাটিনম প্রভৃতি ধাতুগুলি—HNO_3 বা HCl অ্যাসিডে অদ্রাব্য। কিন্তু HCl (৩ ভাগ) ও HNO_3 (১ ভাগ) এর মিশ্রে, উহারা দ্রবণীয়।

৩ ভাগ HCl ও ১ ভাগ HNO_3 মিশ্রে, অনেক অদ্রাব্য সহজেই দ্রবীভূত হয়; এই দ্রবণকে অ্যাকোয়া-রিজিয়া বলা হয়। অ্যাকোয়া-রিজিয়া মিশ্র হইতে সদ্যজ ক্লোরিণ উদ্ভূত হইয়া, অদ্রাব্য পদার্থের, সহিত বিক্রিয়া করিয়া, উহাকে দ্রাব্য ক্লোরাইডে রূপান্তরিত করে বলিয়াই—অদ্রাব্য পদার্থ, অ্যাকোয়া-রিজিয়ায় সহজে দ্রবীভূত হয়—



$$3HCl + HNO_3 = 2H_2O + NOCl + 2Cl$$



$$2Au + 6Cl = 2AuCl_3$$

অনুশীলনী—৩ (গ)

1. Sketch the aparatus you have actually used in the preparation of HNO_3 in the laboratory, Describe the preparation and mention the principal properties of the acid. *C. U. 1910, '35*

2. Describe the various methods of the Commercial preparations of HNO_3 and discuss elaborately one of them.

3. Nitric acid shows the properties both of an acid and of an oxidizing agent. Illustrate.

4. How is HNO_3 Commercially prepared from Ammonia ? Give some of its tests and uses.

5. Prove that Nitric acid contains (a) Hydrogen (b) Nitrogen and Oxygen.
What are the actions of HNO_3 on the following
Cu, Fe. Zn and Mg.

6. What is the effect of heat on the Nitrate salts ?
Describe briefly what you know about $NaNO_3$ and KNO_3

7. Write short notes on
(a) Nitrogen cycle, (b) Artificial Fertilizer, and its uses.

8. State what happens when HNO_3 reacts on (a) KI, (b) H_2S, (c) HCl, (d) C, (e) S and (f) $FeSO_4$ Solution.

চতুর্থ অধ্যায়—(ক)

ফস্‌ফোরাস ও নাইট্রোজেনের তুলনা :

পর্যায়-সারণীতে (Perodic table) নাইট্রোজেন ও ফস্‌ফোরাস একই বর্গভুক্ত মৌল ; সে কারণে ইহাদের ভৌত ও রাসায়নিক বহু সাদৃশ্যই, সহজে পরিলক্ষিত হয়, যথা—

১। পারমাণবিক গঠন :

নাইট্রোজেন ও ফস্‌ফোরাস উভয়েরই পরমাণুর সর্ববহিঃস্থ কক্ষপথে (outermost orbit) (অজৈব রসায়ন ; ১ম খণ্ড ; পৃঃ ১০৮) ৫টি ইলেকট্রন থাকে। এই সম-সংখ্যক ইলেকট্রন থাকার জন্য উহাদের রাসায়নিক নিকট-সাদৃশ্য বর্তমান।

২। মৌলের ধর্ম :

নাইট্রোজেন ও ফস্‌ফোরাস উভয়ই অধাতু মৌল ; এবং উভয়েরই সমকৌলিক (allotropic) রূপে অস্তিত্ব আছে ; যথা, নাইট্রোজেনের—অ্যাক্‌টিভ নাইট্রোজেন (active nitrogen), এবং ফস্‌ফোরাসের—লাল ও সাদা সমকৌলিক রূপ। নাইট্রোজেনের প্রধান যোজ্যতা—৩ ও ৫ ফস্‌ফোরাসেরও প্রধান যোজ্যতা—৩ ও ৫।

৩। অক্সাইড ও অক্সি অম্ল :

নাইট্রোজেনের পাঁচটি অক্সাইড আছে, তন্মধ্যে N_2O_3 ও N_2O_5 এর অনুরূপ ফসফোরাসেরও দুইটি অক্সাইড আছে—যথা, P_4O_6 ও P_2O_5। নাইট্রোজেন ও ফসফোরাস, উভয়েরই উক্ত অক্সাইডগুলি অম্লধর্মী।

নাইট্রোজেন ও ফস্‌ফোরাস অনুরূপ অম্ল উৎপন্ন করে—যথা, HPO_3 ও HNO_3।

৪। হাইড্রাইড :

নাইট্রোজেনের প্রধান হাইড্রাইড—অ্যামোনিয়া NH_3। ফসফোরাসের প্রধান হাইড্রাইড—ফস্‌ফিন্ PH_3। এই দুইটি হাইড্রাইড, আণবিক সংকেতে, অ্যাসিডের সহিত বিক্রিয়ায় প্রভৃতিতে অনুরূপ।

৫। ক্লোরাইড ও হ্যালাইড :

N ও P উভয়েই অনুরূপ হ্যালাইড উৎপন্ন করে ; যথা—NCl_3—PCl_3 ; NBr_3—PBr_3 ইত্যাদি। উভয়েরই হ্যালাইডগুলি জলের সহিত আর্দ্র-বিশ্লিষ্ট হয়।

৬। ধাতব যৌগিক :

N ও P উভয়েই ধাতুর সহিত অনুরূপ ধাতব যৌগিক, যথা, নাইট্রাইড ও ফস্‌ফাইড উৎপন্ন করে ; যথা, Mgএর সহিত N—Mg_3N_2 এবং P—Mg_3P_2 প্রভৃতি উৎপন্ন করে।

ফস্‌ফোরাস্‌

(Phosphorus)

আণবিক সংকেত—P_4 ; পারমাণবিক ভার—৩১ পরমাণু ক্রমাংক—১৫ ; বাষ্প ঘনত্ব—৬২।

আবিষ্কার ঃ

সপ্তদশ শতাব্দীতে অ্যালকেমিবিদ (alchemist) ব্র্যাণ্ড (Brand) গাঢ় মূত্রকে বালি ও কাঠকয়লা সহ পাতন করিয়া ফস্‌ফোরাস্‌ প্রথম আবিষ্কার করেন। **শীলে, বয়েল** (১৬৮০) এবং **কুংকেলও** (১৬৭৮) পরে ফস্‌ফোরাস প্রস্তুত করেন। অস্থি হইতে ফস্‌ফোরাস্‌ প্রস্তুতির প্রণালী প্রথমে **গ্যান্‌** (১৭৭১) কর্তৃক আবিষ্কৃত হয়। ইহা মৃদু দহন-জাত আলোক বিকীরণ করে, ও অন্ধকারে স্বয়ংপ্রভ হইয়া জলিতে থাকে। আলোক বিকীরণ ক্ষমতার জন্যই, ইহার ফস্‌ফোরাস্‌ নামকরণ হইয়াছে (phos = light ; phero = I carry)।

প্রাকৃতিক অস্তিত্ব ঃ

সহজেই জারিত হয় বলিয়া মৌলরূপে ফসফোরাসের অস্তিত্ব নাই। প্রাকৃতিক ফস্‌ফোরাস্‌ অজৈব-যৌগরূপে বহু খনিজে, (ভূত্বকের প্রায় ১২%), এবং প্রাণী ও উদ্ভিদ-জগতে বহুল পরিমাণে বর্তমান আছে। ফস্‌ফোরাস-ঘটিত যৌগিক ও খনিজগুলিকে সাধারণতঃ ফসফেট-খনিজ বলা হয়। কয়েকটি গুরুত্বপূর্ণ ফসফেট-খনিজ প্রসংগত উল্লেখযোগ্য—

ফসফোরাইট—(Phosphorite)—$Ca_3(PO_4)_2$
ক্লোর-অ্যাপাটাইট—(Chlor-apatite)—$3Ca_3(PO_4)_2CaCl_2$
ফ্লুয়োর-অ্যাপাটাইট—(Fluor-apatite)—$3Ca_3(PO_4)_2CaF_2$
ভিভিয়ানাইট্—(Vivianite)—$Fe_3(PO_4)_2\ 8H_2O$; ইত্যাদি।

ফসফোরাস, উদ্ভিদ ও জীবজগতে অপরিহার্য উপাদান। মৃত্তিকাস্থ খনিজ ফস্‌ফেটগুলি বায়ু ও বৃষ্টি জলে ক্ষয়প্রাপ্ত হইয়া সূক্ষ্মভাবে মৃত্তিকায় বিস্তৃত হয়। উদ্ভিদসমূহ, বিশেষ করিয়া গম জাতীয় শস্যের উদ্ভিদ, মৃত্তিকাস্থ ফসফোরাস আত্মীকরণ করিয়া নিজদেহে সঞ্চয় করে। ফসফোরাস-ঘটিত উদ্ভিদ বা উহার অংশ আবার প্রাণি-দেহের ফসফোরাসের চাহিদা পূরণ করে। প্রাণিদেহের অস্থি, রক্ত, স্নায়ু, মজ্জায়, মস্তিষ্কে এবং দুগ্ধে, ডিমের হলুদ অংশে ও মূত্রে উল্লেখযোগ্য মাত্রায় ফস্‌ফোরাস ঘটিত যৌগিক, প্রধানতঃ গ্লিসেরো ফস্‌ফেট (Glycero phosphate)-রূপে বর্তমান থাকে। মেরুদণ্ডী-প্রাণীর অস্থির উপাদান প্রায় ৬০% ক্যালসিয়ম ফসফেট এবং সেই কারণেই ফসফোরাসের প্রধান প্রাকৃতিক-উৎস জৈব-দেহাস্থি।

ফসফোরাসের শিল্প-প্রস্তুতি ঃ

ফস্‌ফোরাস-প্রস্তুতির প্রধান উপাদান, রক্‌ফস্‌ফেট্‌ (rock-phosphate) ও অস্থি-ভস্ম বা বোন্‌ অ্যাস্‌ (Bone-ash)। প্রাকৃতিক খনিজ ক্যালসিয়ম ফস্‌ফেটকেই রক্‌-ফস্‌ফেট্‌ বলা হয়। অস্থি-ভস্ম বা বোন্‌ আস্‌, প্রাণিদেহের অস্থি হইতে প্রস্তুত হয়।

প্রাণিদেহের কাঁচা হাড়ে প্রধানতঃ ক্যালসিয়ম ফস্‌ফেট্‌, কিছু প্রোটিন ও নাইট্রোজেন ঘটিত জৈব যৌগিক, কিছু স্নেহ পদার্থ (fat) এবং কিছু $CaCO_3$ থাকে। ফস্‌ফোরাস্‌-প্রস্তুতির জন্য প্রথমতঃ কাঁচা-হাড হইতে উষ্ণ জল এবং CS_2 দ্রাবক সাহায্যে জৈব পদার্থ ও স্নেহ পদার্থ পৃথক করিয়া লওয়া হয়; পরে লৌহ-রিটের্ট হাড়গুলি উত্তপ্ত করিলে, ক্যালসিয়ম ফস্‌ফেট্‌যুক্ত, জৈব অঙ্গার পাওয়া যায়। এই পদার্থটিকে পরে বায়ুতে তীব্র প্রজ্বালন করিলে, জৈব অস্থি-ভস্ম (bone-ash) উৎপন্ন হয়।

অস্থি-ভস্ম হইতে ফস্‌ফোরাস দুইটি প্রণালীতে উৎপন্ন হইয়া থাকে।

(১) পুরাতন রিটর্ট প্রণালী (Retort Process), আধুনিক বিদ্যুৎ-চুল্লী প্রণালী বা 'রিড্‌ম্যান-পার্কার-রবিনসন্‌' প্রণালী (Readman, Parker, Robinson's Process)।

১। রিটর্ট প্রণালী ঃ

এই প্রণালীতে প্রথমে অস্থি-ভস্মকে উত্তমরূপে গাঢ় H_2SO_4-এর সহিত মিশ্রিত করিয়া ক্যালসিয়ম সালফেট ও ফসফোরিক অ্যাসিড উৎপন্ন করা হয়—



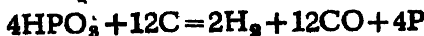
$$Ca_3(PO_4)_2+3H_2SO_4=3CaSO_4+2H_3PO_4$$

উৎপন্ন $CaSO_4$, পরিস্রুতির সাহায্যে ফসফোরিক অ্যাসিড হইতে পৃথক করা হয় এবং ফসফোরিক অ্যাসিডকে বাষ্পীভবন দ্বারা ঘন করা হয়। পরে, ঘন ফস্‌-ফোরিক অ্যাসিড দ্রবণটি, কোক বা কাঠকয়লার সহিত মিশ্রিত করিয়া, লৌহপাত্রে উত্তপ্ত করিলে, মেটাফসফোরিক অ্যাসিড (HPO_3) উৎপন্ন হইয়া থাকে—



$$H_3PO_4=HPO_3+H_2O$$

উৎপন্ন HPO_3-সহ মিশ্রটিকে সর্বশেষে অগ্নিসহ-মৃত্তিকা (fire clay) নির্মিত রিটর্টে পুনরায় অতি তীব্রভাবে উত্তপ্ত করিলে, ফস্‌ফোরাস উৎপন্ন হয় এবং রিটর্টের গ্রীবাপ্রান্তটি জলে নিমজ্জিত রাখিলে, উৎপন্ন বাষ্পীভূত ফস্‌ফোরাস রিটর্ট গ্রীবা-বাহিত হইয়া জলে কঠিনীভূত অবস্থায় জমিতে থাকে।

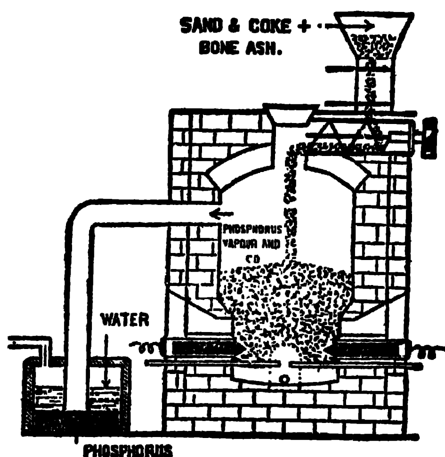


$$4HPO_3+12C=2H_2+12CO+4P$$

আধুনিক বিদ্যুৎ-চুল্লী প্রণালী :

আধুনিক প্রণালীতে, ফস্‌ফোরাস-উৎপাদনের জন্য বিশেষভাবে নির্মিত বিদ্যুৎ-চুল্লী ব্যবহৃত হয়। এই চুল্লী, ইষ্টক-নির্মিত হইয়া থাকে এবং উহার উপরি অংশে উত্তপ্ত গ্যাস নির্গমের জন্য একটি নির্গম-নল ও নিম্নাংশে স্ল্যাগ (Slag)-নির্গমের জন্য একটি

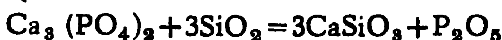
নির্গম-নল যুক্ত থাকে। চুল্লীটির নিম্নাংশে, সমভূমিকরূপে দুইটি সুদৃঢ় কার্বনদণ্ড চিত্রানুযায়ী (২১ নং) অনুপ্রবিষ্ট থাকে। অগ্র পৃথক কার্বনদণ্ড দুইটি বিদ্যুৎ-উৎসের সহিত যুক্ত করিয়া, তীব্র-তড়িৎ চালনা করিলে, দণ্ড দুইটির মধ্যে একটি তীব্র উত্তাপের 'আর্ক' উদ্ভূত হয় ও তাহার তাপে বিদ্যুৎ-চুল্লীটির অভ্যন্তর, প্রচণ্ড উত্তপ্ত হইয়া উঠে।



চিত্র ২১—ফসফোরাস নিষ্কাশন

চুল্লীটির উপর হইতে পদার্থ যোগ করার জন্য একটি বিশেষরূপে নির্মিত কৌশল থাকে। প্রথমে একটি গ্রাহক দ্বার (hopper) পথে, পদার্থ যোগ করা হয়, এবং গ্রাহক-দ্বারের নিম্নে একটি স্ক্রু-এর ন্যায় চালকদণ্ড (warm-conveyor) সাহায্যে উহা ঘুরিতে ঘুরিতে চুল্লীতে গিয়া পড়ে। চুল্লীটিতে বায়ু প্রবেশের সম্ভাবনা নিরোধ করার জন্যই এই কৌশল করা হয়।

বিদ্যুৎ-চুল্লী প্রণালীতে, রকফসফেট চূর্ণ (বা অস্থিভস্ম চূর্ণ), কোকচূর্ণ বালুকার মিশ্র, চুল্লীতে প্রবিষ্ট করাইয়া চুল্লীটিতে আর্ক উৎপন্ন করা হয়; প্রথমতঃ চুল্লীর তীব্র তাপে ক্যালসিয়ম ফস্‌ফেট ও বালুকা বিক্রিয়া করে এবং ক্যালসিয়াম সিলিকেট ও ফস্‌ফোরাস পেণ্টক্‌সাইড উৎপন্ন করে।



$$Ca_3(PO_4)_2 + 3SiO_2 = 3CaSiO_3 + P_2O_5$$

পরে, উৎপন্ন ফসফোরাস পেণ্টক্‌সাইড, কোকচূর্ণ দ্বারা বিজারিত হইয়া ফস্‌ফোরাস ও কার্বন মনোক্‌সাইড উৎপন্ন করে—



$$2P_2O_5 + 10C = 10CO + 4P$$

সমগ্র বিক্রিয়াটির উৎপন্ন পদার্থগুলির মধ্যে, ক্যালসিয়ম সিলিকেট উত্তাপে গলিত হইয়া স্ল্যাগরূপে নিম্নে পতিত হয়, এবং ফস্‌ফোরাস্ ও CO, বাষ্পরূপে উপরিস্থ নির্গম-নলপথে চুল্লীর বাহিরে আসে। উপরিস্থ নির্গম-নলের অপর প্রান্তটি একটি জলপূর্ণ পাত্রে নিমজ্জিত রাখিলে, ফস্‌ফোরাস জলতলের নিম্নে শীতল হইয়া কঠিনরূপ ধারণ করে ও CO বাহির হইয়া যায়।

ফস্‌ফোরাসের বিশোধন ঃ

শিল্পোৎপাদিত ফস্‌ফোরাস, প্রায়শঃই নানা কলুষ পদার্থ মিশ্রিত থাকে। ইহাকে বিশোধনের জন্য, প্রথমতঃ ইহাকে ক্রোমিক (Chromic) অ্যাসিড সহযোগে বিগলিত

করা হয়, ও উহার ফলে কলুষ পদার্থগুলি জারিত হইয়া থাকে। পরে, গলিত ফস্‌ফোরাসকে ক্যানভ্যাস্ বা শ্যাময়-চামড়ার (chamois leather) মধ্য দিয়া ছাঁকিয়া লইলে, বিশুদ্ধ ফস্‌ফোরাস পাওয়া যায়। এই ফস্‌ফোরাস সাধারণতঃ বর্তি-আকারে ঢালাই করিয়া লওয়া হয়।

ফসফোরাসের ধর্ম :

১। ভৌত ধর্ম :

সাধারণ শিল্পোৎপাদিত ফস্‌ফোরাসকে শ্বেত-ফস্‌ফোরাস (white phosphorus), বর্ণহীন ফস্‌ফোরাস (colourless phosphorus), অধাতব ফস্‌ফোরাস (non-metallic phosphorus), এবং কখনও কখনও হলুদ-ফস্‌ফোরাসও (yellow phosphorus) বলা হয়। ফস্‌ফোরাস অন্যান্য নানা সমকৌলিকরূপেও পাওয়া যায়; যথা—লোহিত ফস্‌ফোরাস্ (red phosphorus), বেগুনী ফস্‌ফোরাস (scarlet phosphorus) ইত্যাদি। শ্বেত ফস্‌ফোরাস, একটি প্রায়-বর্ণহীন, অস্বচ্ছ (translucent) মোম-জাতীয় কঠিন পদার্থ। ইহা নরম বলিয়া ছুরির দ্বারা সহজেই কাটিয়া টুকরা করা যায়। ইহার ঘনত্ব ১.৮, গলনাংক ৪৪° সে. এবং স্ফুটনাঙ্ক ২৮০° সে.। ৩০° সে.-এর অধিক উষ্ণতায় ও বায়ু সংস্পর্শে ইহা দাহ্য বলিয়া, ইহাকে জলতলে সংগ্রহ করা হয়। গলিত ফসফোরাস এবং ফস্‌ফোরাসের বাষ্প বর্ণহীন। ফস্‌ফোরাসের বাষ্প-ঘনত্ব হইতে ইহার আণবিক সংকেত P_4 বলিয়া ধার্য হইয়াছে। ৮০০° সেণ্টিগ্রেডের অধিক উষ্ণতায় ইহার আংশিক বিয়োজন ঘটে—



$$P_4 = P_2 + P_2.$$

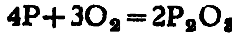
শ্বেত-ফস্‌ফোরাস জলে অদ্রাব্য, কিন্তু কার্বন ডাইসালফাইড, বেনজিন, ক্লোরোফর্ম প্রভৃতি দ্রাবকে অতি-মাত্রায় দ্রাব্য।

২। রাসায়নিক ধর্ম :

আর্দ্র বায়ুর সংস্পর্শে; শ্বেত ফস্‌ফোরাস গাঢ় সাদা ধূম উৎপন্ন করিয়া স্বতঃই জারিত হইতে থাকে। জারণ-কালে ফস্‌ফোরাস হইতে একটি অতি মৃদু সবুজাভ-সাদা (greenish white)* আলোক বিকীরিত হইতে থাকে। অন্ধকার ঘরে, নির্গম নলযুক্ত একটি জলপূর্ণ ফ্লাস্কে কিছু ফস্‌ফোরাস স্ফুটন করিলে, উৎপন্ন স্টীমের সহিত ফস্‌ফোরাস, বাষ্প-নির্গম নলমুখে আলোক বিকীরণ করিয়া স্বয়ংপ্রভরূপে জলিতে থাকে। ফস্‌ফোরাসের এই স্বয়ংপ্রভতা, ফসফোরাসের একটি বৈশিষ্ট্য। স্বয়ংপ্রভ আলোক বিকীরণ করিয়া ফস্‌ফোরাস ধীরে ধীরে জারিত হইয়া P_4O_6 ও P_2O_5-রূপে পরিবর্তিত হইতে থাকে।

[* সাধারণতঃ সকল আলোকই তাপ-সঞ্জাত কিন্তু ফসফোরাস যে আলোক বিকীরণ করে উহা প্রায় তাপহীন; এই কারণে ফসফোরাস-জাত আলোককে শীতল-শিখা (cold flame) বলা হয়।]

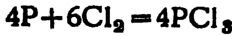
শ্বেত-ফস্‌ফোরাস অতি-সক্রিয় মৌল। ইহা সহজেই-অক্সিজেনের সহিত অক্সাইড, হ্যালোজেন বর্গের মৌলের সহিত ফস্‌ফোরাস হ্যালাইড সমূহ, এবং ধাতুগুলির সহিত ফস্‌ফাইড (Phosphide) যৌগিক সমূহ উৎপন্ন করে। অক্সিজেনের সহিত ফস্‌ফোরাসের আসক্তি (affinity) অত্যধিক বলিয়া ফস্‌ফোরাস একটি উত্তম বিজারক পদার্থ। ইহা H_2SO_4, HNO_3, $CuSO_4$ প্রভৃতিকে বিজারিত করে—



$$4P+3O_2=2P_2O_3$$



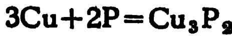
$$4P+5O_2=2P_2O_5$$



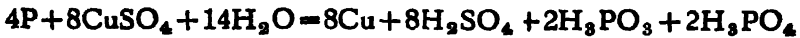
$$4P+6Cl_2=4PCl_3$$



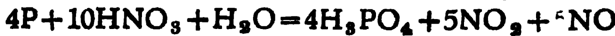
$$4P+10Cl_2=4PCl_5$$



$$3Cu+2P=Cu_3P_2$$



$$4P+8CuSO_4+14H_2O=8Cu+8H_2SO_4+2H_3PO_3+2H_3PO_4$$



$$4P+10HNO_3+H_2O=4H_3PO_4+5NO_2+5NO$$

শ্বেত-ফস্‌ফোরাস, ক্ষার-দ্রবণের সহিত বিক্রিয়ায় ফস্‌ফিন্‌ (phosphine) গ্যাস উৎপন্ন করে—



$$4P+3NaOH+3H_2O=PH_3+3NaH_2PO_2$$

ফস্‌ফোরাস একটি অতি-বিষাক্ত পদার্থ। ইহা চর্মের সংস্পর্শে বিষাক্ত-ক্ষত উৎপন্ন করে এবং ফস্‌ফোরাস-বাষ্পের সংস্পর্শে দাঁত ও চোয়ালের হাড় বিশেষ ক্ষতিগ্রস্ত হয়।

ফসফোরাসের সমকৌলিকতা (Allotropic modification) ঃ

ফস্‌ফোরাস নানা সমকৌলিকরূপে বর্তমান থাকে। তন্মধ্যে **শ্বেত ফস্‌ফোরাস** এবং **লোহিত ফস্‌ফোরাসই** অধিক গুরুত্বপূর্ণ সমকৌলিক রূপ।

লোহিত ফসফোরাসের প্রস্তুতি ঃ

বায়ুর সংযোগ-রহিত একটি আবদ্ধ-লৌহপাত্রে শ্বেত ফস্‌ফোরাস লইয়া উহা ২৪০°—২৫০° সে-এ সতর্কভাবে উত্তপ্ত করিলে, শ্বেত-ফস্‌ফোরাস পরিবর্তিত হইয়া লোহিত ফস্‌ফোরাসের রূপ পরিগ্রহ করে। (কিছু আয়োডিন-প্রভাবক যোগ করিলে, পরিবর্তনটি দ্রুততর হয়)। বিক্রিয়া শেষে, পাত্রটি উন্মুক্ত করিয়া অবশেষে কঠিন পদার্থকে NaOH দ্রবণ যোগ করিয়া স্ফুটন করা হয়; কোন অপরিবর্তিত শ্বেত ফস্‌ফোরাস অবশিষ্ট থাকিলে, উহা এই প্রক্রিয়ায় বিনষ্ট হয়। পরে অবশেষ পদার্থটি জল দ্বারা ধৌত ও শুষ্ক করিলে, লোহিত ফস্‌ফোরাস পাওয়া যায়।

লোহিত ফসফোরাসের ধর্ম ঃ

লোহিত ফস্‌ফোরাস রক্তাভ-বেগুনী রঙের কঠিন পদার্থ। শ্বেত ফসফোরাসের ন্যায় ইহা স্বয়ংপ্রভ ও সক্রিয় নহে। ইহার গলনাঙ্ক প্রায় ৬১° সে. এবং স্ফুটনাঙ্ক

অতি উচ্চ উষ্ণতা। ইহার ঘনত্ব, ১'২, এবং ফস্‌ফোরাসের ন্যায় ইহা জলে অদ্রাব্য বটে, কিন্তু CS_2-দ্রবণেও ইহা অদ্রাব্য।

শ্বেত-ফস্‌ফোরাসের ন্যায় ইহারাও ক্লোরিন, অক্সিজেন, সালফার প্রভৃতির সহিত বিক্রিয়া করে, কিন্তু শ্বেত ফস্‌ফোরাসের ন্যায় উহা সক্রিয় নহে। NaOH দ্রবণের সহিত ইহার কোন বিক্রিয়া নাই। লোহিত ফস্‌ফোরাস অতি উত্তপ্ত করিলে, বাষ্প হয়; এই বাষ্পকে পরে শীতল করিলে উহা শ্বেত-ফস্‌ফোরাস রূপে কঠিনীভূত হয়। ইহা শ্বেত-ফস্‌ফোরাসের ন্যায় বিষাক্ত নহে।

শ্বেত ও লোহিত ফসফোরাসের পারস্পরিক পরিবর্তন ঃ—

১। শ্বেত হইতে লোহিত ফস্‌ফোরাস ঃ

কোন নিষ্ক্রিয় গ্যাসের সান্নিধ্যে, শ্বেত ফস্‌ফোরাসকে ২৪০° সে. উত্তপ্ত করিলে, উহা লোহিত ফস্‌ফোরাসে পরিণত হয়।

২। লোহিত হইতে শ্বেত ফস্‌ফোরাস ঃ

কোনো নিষ্ক্রিয় গ্যাসের সান্নিধ্যে, লোহিত ফস্‌ফোরাসকে ৫৫০° সেন্টিগ্রেডের অধিক উত্তপ্ত করিয়া, উৎপন্ন গ্যাসকে দ্রুত শীতল করিলে, উহা কঠিনীভূত হইয়া, শ্বেত ফস্‌ফোরাস উৎপন্ন করে।

ফস্‌ফোরাসের ব্যবহার ঃ

(১) শ্বেত ফস্‌ফোরাস, লোহিত ফস্‌ফোরাস ও ফস্‌ফোরাস পেণ্টক্সাইড-প্রস্তুতিতে প্রধান উপাদানরূপে ব্যবহৃত হয়। শ্বেত ফস্‌ফোরাস হইতে 'লুসিফার দেশলাই' (Lucifer matches) প্রস্তুত হয়।

(২) লোহিত ফস্‌ফোরাস—সাধারণ দেশলাই উৎপাদনে, প্রচুর ব্যবহৃত হয়। পরীক্ষাগারে, HBr, HI, প্রভৃতি প্রস্তুতিতে লোহিত ফস্‌ফোরাস ব্যবহৃত হয়।

(৩) ফস্‌ফোরাস হইতে কীটঘ্ন ঔষধ প্রস্তুত হয়; ফস্‌ফোরাস ঘটিত জৈব-যৌগিক হইতে বহু ঔষধাদি প্রস্তুত হইয়া থাকে।

(৭) ফস্‌ফোরাস হইতে ফস্‌ফোর-ব্রঞ্জ (phosphor-bronzne) নামক একটি গুরুত্বপূর্ণ ধাতু-সংকর প্রস্তুত হয়।

(৮) যুদ্ধকালে ধূম্রজাল সৃষ্টির জন্য এবং হাত-বোমা ও আগুনে-বোমাতে ফস্‌ফোরাস ব্যবহার হইয়া থাকে।

ফস্‌ফোরাসের কয়েকটি যৌগিক

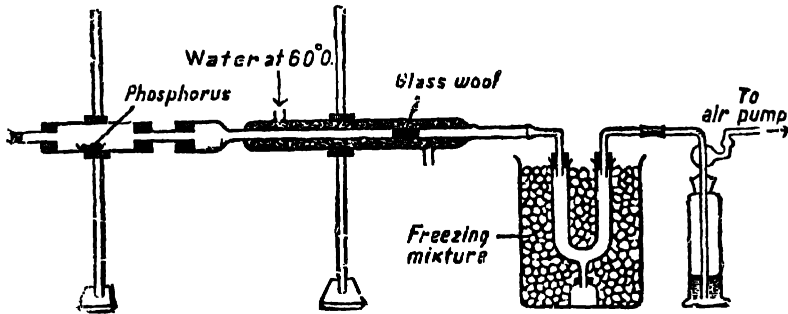
১। ফস্‌ফোরাস ট্রায়ক্সাইড (P_2O_3 বা P_4O_6) ঃ

ফস্‌ফোরাসের বায়ু সংস্পর্শে যে মৃদু স্বতঃজারণ ঘটে, উহার ফলে ফস্‌ফোরাস ট্রায়ক্সাইড ও ফস্‌ফোরাস পেণ্টক্সাইড উৎপন্ন হইয়া থাকে।

প্রস্তুতি ঃ

পরীক্ষাগারে ফস্‌ফোরাস ট্রায়ক্‌সাইড প্রস্তুতির জন্য, নিম্নোক্ত যন্ত্রসজ্জাটি ব্যবহৃত হয়

যন্ত্রটিতে, প্রথমতঃ একটি দুই মুখ খোলা কাঁচ-নল লইয়া উহার মধ্যে কিছু শ্বেত ফস্‌ফোরাসের টুকরা রাখিয়া দুই মুখ ছিপি দ্বারা বন্ধ করা হয়। এখন, একমুখে একটি ক্ষুদ্র নল যুক্ত করা হয়, ও অপর মুখে একটি শীতক সংযুক্ত করা হয়; শীতকের মধ্যস্থ-



চিত্র ২২—পরীক্ষাগারে ফস্‌ফোরাস ট্রায়ক্‌সাইডের প্রস্তুতি

নলে কিছু কাঁচ-তন্তু বা গ্লাস-উল (glass-wool) প্রবিষ্ট করান থাকে এবং শীতকের বহিরাবরণীর মধ্য দিয়া শীতল-জল প্রবাহ চালনা করা হয়। শীতকের অপর প্রান্তটি হিমমিশ্রে নিমজ্জিত একটি ইউ-টিউবের সহিত যুক্ত করা হয়. এবং ইউ-টিউবের অপর বাহুটির সহিত একটি বায়ু-শোষক পাম্প যুক্ত রাখা হয়, (চিত্র—২২)।

পরীক্ষার প্রারম্ভে, কাঁচনলে কিছু শ্বেত ফস্‌ফোরাস রাখিয়া যন্ত্রটির শেষ প্রান্তে সংলগ্ন পূর্বোক্ত পাম্প দ্বারা বায়ু শোষণ করিলে, একটি, অতি মৃদু বায়ুস্রোত ফস্‌ফোরাসের উপর দিয়া প্রবাহিত হয় এবং উৎপন্ন P_2O_3 ও P_2O_5 শীতকে কঠিনীভূত হইয়া জমে। পরে শীতকের বহিরাবরণীর মধ্যে দিয়া শীতল জলের পরিবর্তে ৫৫°—৬০° সে উষ্ণ জল-প্রবাহ চালনা করা হয়। এই প্রক্রিয়ার ফলে P_2O_3 বাষ্পীভূত হয়, কিন্তু P_2O_5 কাঁচতন্তুর দ্বারা রুদ্ধ হইয়া শীতক-নলেই থাকিয়া যায়। বাষ্পীভূত P_2O_3, হিমমিশ্রে শীতল ইউ-টিউবে কঠিন হইয়া জমে, ও ঐ ইউ-টিউব হইতে উহাকে সংগ্রহ করা হয়।

ধর্ম ঃ

ফস্‌ফোরাস ট্রায়ক্‌সাইড, মোমের ন্যায় সাদা একটি কেলাসিত পদার্থ। ইহার গন্ধ, রসুনের ন্যায়। ইহার গলনাংক ২৩·৮° সে.। ইহার বাষ্প-ঘনত্ব ১১০ বলিয়া, ইহাকে P_4O_6 সংকেত দ্বারা নির্দেশ করাই বিধেয়। ইহা একটি বিষাক্ত পদার্থ

ফস্‌ফোরাস ট্রায়ক্‌সাইড বায়ুর সংস্পর্শে সহজেই জারিত হইয়া ফস্‌ফোরাস পেণ্টক্‌সাইডে পরিবর্তিত হয়। উষ্ণ বায়ু, অথবা ক্লোরিনের সংস্পর্শে ইহা জলিয়া উঠে। ইহা একটি অম্লধর্মী অক্সাইড, এবং শীতল জলের সহিত বিক্রিয়ায়, ফস্‌ফোরাস অ্যাসিড উৎপন্ন করে।

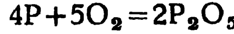


$$P_4O_6 + 6H_2O = 4H_3PO_3.$$

উষ্ণ জলের সহিত ফস্‌ফেরাসের ট্রায়কসাইড একটি তীব্র বিস্ফোরণের সহিত বিক্রিয়া করিয়া লোহিত ফস্‌ফোরাস, ফসফিন ও ফসফোরিক অ্যাসিড় উৎপন্ন করে—

২। ফসফোরাস পেণ্টক্‌সাইড (P_2O_5 বা P_4O_{10}) ঃ

ফস্‌ফোরাসের সর্বাধিক গুরুত্বপূর্ণ অক্সাইড, ফস্‌ফোরাস পেণ্টক্‌সাইড। অতিরিক্ত পরিমাণে অনার্দ্র বায়ুতে অনার্দ্র-ফস্‌ফোরাসের দহন বা জারণ ঘটিলে—ফস্‌ফোরাস পেণ্টক্‌সাইড উৎপন্ন হয়—

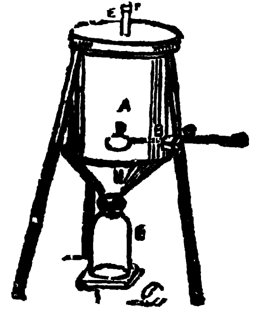


$$4P + 5O_2 = 2P_2O_5$$

শিল্প-প্রস্তুতি ঃ

ফস্‌ফোরাস পেণ্টক্‌সাইডের শিল্প-প্রস্তুতিতে, একটি বিশেষ ধরনের যন্ত্র ব্যবহৃত হয়। (চিত্র ২৩)। যন্ত্রটি প্রধানতঃ একটি দুই মুখ খোলা লৌহপাত্র। পাত্রটির উপরাংশে একটি বাঁকা নলযুক্ত ঢাক্‌নী, ও নিম্নাংশে একটি ফানেল লাগান থাকে এবং পাত্রটির পার্শ্বদেশ দিয়া একটি তামার চামচ অন্তঃপ্রবিষ্ট থাকে।

তামার চামচটিতে জলন্ত শ্বেত ফস্‌ফোরাস লইয়া যন্ত্রটিতে প্রবিষ্ট করাইয়া ঢাকনীটি চাপা দেওয়া হয়; ফস্‌ফেরাস বায়ুতে দহিত হইয়া ফস্‌ফোরাস পেণ্টক্‌সাইডের গাঢ় সাদা ধূম উৎপন্ন করে ও উহা পাত্রের গাত্রে কঠিন চূর্ণ হইয়া জমিয়া অবশেষে ফানেলের নিম্নে রক্ষিত বোতলে ঝরিয়া পড়ে। ঢাকনীটি মধ্যে মধ্যে খুলিয়া যথেষ্ট বায়ু প্রবেশ করিতে দেওয়া হয় এবং ফস্‌ফোরাসও ক্রমান্বয়ে প্রবিষ্ট করান হইতে থাকে ও এইভাবে প্রণালীটি অব্যাহত-রূপে চালু রাখা হয়।



চিত্র ২৩—ফসফোরাস পেণ্টক্‌সাইড প্রস্তুতি

উৎপন্ন ফস্‌ফোরাস পেণ্টক্‌সাইডের সহিত কিছু পরিমাণ ট্রায়কসাইডের উৎপন্ন হইবার সম্ভাবনা থাকে; উৎপন্ন অবিশুদ্ধ ফস্‌ফোরাস পেণ্টক্‌সাইডকে পুনর্বার অতিরিক্ত বায়ুতে দহন করিয়া সর্বশেষে ঊর্ধ্বপাতনের সাহায্যে ইহাকে বিশুদ্ধরূপে পাওয়া যায়।

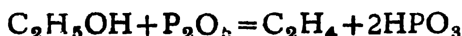
ধর্ম ঃ

ফস্‌ফোরাস পেণ্টক্‌সাইড একটি জলাকর্ষী কঠিন পদার্থ। সাধারণ ও অবিশুদ্ধ অবস্থায় ইহা অল্প রসুনের ন্যায় গন্ধযুক্ত কিন্তু বিশুদ্ধ অবস্থায় ইহা গন্ধহীন হইয়া থাকে। ইহা ঊর্ধ্বপাতিত হইয়া থাকে।

ফস্‌ফোরাস পেণ্টকসাইডের জলের উপর আসক্তি অত্যধিক বলিয়া, ইহা একটি উৎকৃষ্ট নিরুদক পদার্থ (dehydrating agent)। ভিজা পদার্থের জল, এমন কি পদার্থের অণুমধ্যস্থ জলও ফস্‌ফোরাস পেণ্টকসাইড কর্তৃক আকর্ষিত হয়—



$$2HNO_3 + P_2O_5 = N_2O_5 + 2HPO_3$$



$$C_2H_5OH + P_2O_5 = C_2H_4 + 2HPO_3$$

শীতল জলের সহিত ফস্‌ফোরাস পেণ্টকসাইড সশব্দে বিক্রিয়া করিয়া, মেটা-ফস্‌ফোরিক অ্যাসিড (HPO_3), এবং উষ্ণ জলের সহিত বিক্রিয়া করিয়া অর্থো-ফস্‌ফোরিক অ্যাসিড (H_3PO_4) উৎপন্ন করে—



$$P_2O_5 + H_2O = 2HPO_3$$



$$P_2O_3 + 3H_2O = 2H_3PO_4$$

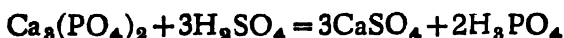
ব্যবহার ঃ

ফস্‌ফোরাস পেণ্টকসাইড়, ফসফোরিক অ্যাসিড প্রস্তুতিতে এবং নিরুদকরূপে ব্যবহৃত হইয়া থাকে।

৩। অর্থোফসফোরিক অ্যাসিড (H_3PO_4) ঃ

ফস্‌ফোরাসের সর্বাধিক গুরুত্বপূর্ণ অ্যাসিড—অর্থোফসফোরিক অ্যাসিড। সাধারণ-ভাবে ইহাকে ফস্‌ফোরিক অ্যাসিড বলা হয়।

১। অস্থিভস্মের সহিত সালফিউরিক অ্যাসিডের বিক্রিয়ায়, অদ্রাব্য ক্যালসিয়ম সালফেট অধঃক্ষেপরূপে এবং ফস্‌ফোরিক অ্যাসিড দ্রবণরূপে উৎপন্ন হয়;



$$Ca_3(PO_4)_2 + 3H_2SO_4 = 3CaSO_4 + 2H_3PO_4$$

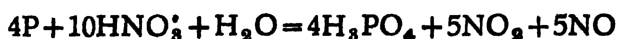
অদ্রাব্য ক্যালসিয়ম সালফেট পরিস্রাবণ সাহায্যে পৃথক করিয়া পরিস্রুৎ-দ্রবণকে ঘনীভূত করিলে, ফস্‌ফোরিক অ্যাসিড পাওয়া যায়।

২। উষ্ণ, ফুটন্ত জল P_2O_5-এর বিক্রিয়ায়, ফস্‌ফোরিক অ্যাসিড উৎপন্ন হয়—



$$P_2O_5 + 3H_2O = 2H_3PO_4$$

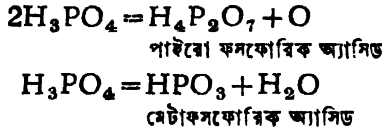
৩। লোহিত ফস্‌ফোরাসকে, অর্ধ-গাঢ় নাইট্রিক অ্যাসিড যোগ করিয়া বিক্রিয়া করিলে, বিশুদ্ধ ফস্‌ফোরিক অ্যাসিড উৎপন্ন হয়—



$$4P + 10HNO_3 + H_2O = 4H_3PO_4 + 5NO_2 + 5NO$$

বিশুদ্ধ ফস্‌ফোরিক অ্যাসিড, বর্ণহীন, কেলাসিত, উদগ্রাহী (deliquescent) কঠিন পদার্থ। ৪২° সেণ্টিগ্রেডের অধিক উষ্ণতায় ইহা গলিত হইয়া তৈলের ন্যায় ঘন একটি তরল পদার্থে পরিণত হয়। ২৫০° সেণ্টিগ্রেডের অধিক উষ্ণতায় উত্তপ্ত

করিলে ইহা পাইরো-ফসফোরিক অ্যাসিড (Pyro phosphoric acid) নামে, ফস্ফোরাসের অপর একটি অ্যাসিড উৎপন্ন করে এবং ৩১৬° সেন্টিগ্রেডের অধিক উষ্ণতায় মেটাফসফেরিক অ্যাসিড (Metaphosphoric acid) নামে অপর একটি অ্যাসিড উৎপন্ন করে।



$$2H_3PO_4 = H_4P_2O_7 + O$$

পাইরো ফসফোরিক অ্যাসিড

$$H_3PO_4 = HPO_3 + H_2O$$

মেটাফসফোরিক অ্যাসিড

অর্থোফসফোরিক অ্যাসিড একটি মৃদু ত্রি-ক্ষারীয় অম্ল (tribasic acid) এবং ক্ষার দ্রবণের সহিত বিক্রিয়ায় তিন শ্রেণীর অর্থোফসফেট লবণ উৎপন্ন করে,—যথা NaH_2PO_3, $NaHPO_4$; Na_3PO_4 ইত্যাদি। এই সকল লবণগুলিই জলীয় দ্রবণে আর্দ্র বিশ্লেষিত হইয়া থাকে।

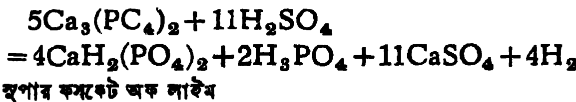
ফসফোরিক অ্যাসিড ও উহার লবণগুলি লৌহ প্রভৃতি ধাতুর লবণগুলির সহিত জটিল যৌগিক উৎপন্ন করে, এবং সে কারণে পরীক্ষাগারে বিশেষ বিশেষ পরীক্ষায় উহা ব্যবহৃত হয়।

৪। সুপার ফস্ফেট অফ্ লাইম (Super phosphate of lime) :

প্রাইমারী ক্যালসিয়ম ফস্ফেট (primary calcium phosphate); $CaH_2(PO_4)_2$, অনার্দ্র ক্যালসিয়ম সালফেট বা জিপ্সাম (gypsum ; $CaSO_4$) ; এবং ফস্ফোরিক অ্যাসিডের মিশ্রকে সুপারফসফেট অফ্ লাইম, বলা হয়।

শিল্প-প্রস্তুতি ঃ

ফসফোরাইট বা রক্-ফসফেট খনিজকে চূর্ণ করিয়া ওজন অনুপাতে উহার সহিত ২।৩ ভাগ সালফিউরিক অ্যাসিড (90%) মিশ্রিত করিয়া মিশ্রটি যন্ত্রের সাহায্যে লৌহপাত্রে আলোড়িত করা হয় এবং পরে একটি আধারে মিশ্রটি অর্ধপূর্ণ করিয়া বন্ধ করিয়া ২৪ ঘণ্টা রাখিয়া দেওয়া হয়। এই সময়ে খনিজটি সালফিউরিক অ্যাসিডের সহিত বিক্রিয়া করিয়া ধীরে ধীরে, সুপার ফসফেট অফ্ লাইমে পরিবর্তিত হয় এবং বিক্রিয়ার ফলে নানা গ্যাসও উত্থিত হইতে থাকে; গ্যাসের উৎপাদন বন্ধ হইবার পর, আধারটি হইতে কঠিনীভূত সুপার ফসফেট অফ্ লাইম পাওয়া যায়। এই কঠিন পদার্থটিকে, চূর্ণ ও শুষ্ক করিয়া ব্যবহার করা হয়।



$$5Ca_3(PC_4)_2 + 11H_2SO_4$$
$$= 4CaH_2(PO_4)_2 + 2H_3PO_4 + 11CaSO_4 + 4H_2$$

সুপার ফসফেট অফ লাইম

ব্যবহার ঃ

শস্যজ উদ্ভিদের পক্ষে ফসফোরাস অপরিহার্য উপাদান বলিয়া খনিজ ফসফোরাইট চূর্ণ বা অস্থিচূর্ণ মাটিতে সার হিসাবে ব্যবহার করিলে ঐ মাটিতে শস্যের দ্রুত ফলন

হয়। কিন্তু ফসফোরাইট চূর্ণ বা অস্থিচূর্ণ ধর্মানুযায়ী জলে অদ্রাব্য বলিয়া, উহা মাটিতে সার হিসাবে ব্যবহার করিলে, অতি অল্প পরিমাণেই উহা উদ্ভিদের ব্যবহারোপযোগী হইয়া থাকে। 'ফসফেট সার হিসাবে সুপার ফসফেট অফ্ লাইম' অতি উৎকৃষ্ট সার এবং ইহা মাটিতে ব্যবহার করিলে ইহার অধিকাংশই মৃত্তিকায় মিশিয়া উদ্ভিদের ব্যবহারোপযোগী হয়। সে কারণে, সুপার ফসফেট অফ্ লাইম পৃথিবীর বহু-দেশেই শিল্পোৎপাদিত হয়, ও প্রচুর পরিমাণে সার হিসাবে ব্যবহৃত হয়।

চতুর্থ অধ্যায়—(খ)

আর্সেনিক
(Arsenic)

সংকেত—As ; পারমাণবিক ভার—৭৪·৯১

আর্সেনিক, নাইট্রোজেন ও ফসফোরাস সমগোত্রীয় মৌল। N ও P এর ন্যায়, আর্সেনিকের যোজ্যতা ৩ ও ৫ ; As-এর যৌগিকগুলির, যথা AsH_3, $AsCl_3$, As_4O_6, As_2O_5, H_3AsSO_4 প্রভৃতির N ও P-এর অনুরূপ যৌগিক গুলির সহিত বিশেষ সাদৃশ্য আছে। এই সাদৃশ্য, পরে বিশদরূপে আলোচিত হইয়াছে (চতুর্থ অধ্যায় সংযোজন ; দ্রষ্টব্য)।

পূর্বকথা ঃ

আর্সেনিক মৌলটির মধ্যে ধাতব ও অধাতব উভয় প্রকৃতিই লক্ষ্য করা যায়। প্রকৃতপক্ষে, আর্সেনিক—একটি ধাতুকল্প (metalloid)।

ধাতব আর্সেনিক ও আর্সেনিক ঘটিত যৌগিক—যথা, আর্সেনিয়স অক্সাইড (arsenious oxide, As_4O_6) সুপ্রাচীন কাল হইতেই ব্যবহৃত হইতেছে। As_4O_6 একটি তীব্র বিষ ও উহা সাধারণতঃ, সেঁকো-বিষ নামে পরিচিত। আর্সেনিক সালফাইড (As_2S_3) বা হরিতাল প্রাচীনকাল হইতেই অনুলেপ বর্ণ (pigment) রূপে ভারতবর্ষে ব্যবহৃত হইত।

অস্তিত্ব ঃ

প্রকৃতিতে মৌল আর্সেনিক অত্যল্প পরিমাণে দেখা যায়। আর্সেনিক প্রধানতঃ যৌগিকরূপেই প্রকৃতিতে বর্তমান থাকে—যথা,

মিস্‌পিকেল (Mispickel)—FeAsS.

অরপিমেণ্ট (Orpiment)—As_2S_3.

রিঅ্যালগার (Realgar)—As_2S_2.

ইহা ছাড়াও, বিভিন্ন ধাতুর সহিত আর্সেনিক, আর্সেনাইড (arsenide) খনিজ-রূপে বর্তমান থাকে।

প্রস্তুতি :

আর্সেনিক ঘটিত খনিজকে বায়ু সহযোগে তীব্র উত্তপ্ত করিলে, As জারিত হইয়া As_4O_6 উৎপন্ন হইয়া ঊর্ধ্বপাতিত হয় ; ঊর্ধ্বপাতিত As_4O_6, কাঠকয়লার সহিত মিশ্রিত করিয়া পুনরায় উত্তপ্ত করিলে, As উৎপন্ন হইয়া ঊর্ধ্বপাতিত হয়।



$$As_2O_3+3C=3CO+2As$$

ধর্ম :

আর্সেনিক তিনটি সমকৌলিকরূপে পাওয়া যায়—ইহাদের যথাক্রমে (১) গ্রে-আর্সেনিক বা γ-আর্সেনিক, (২) ব্ল্যাক-আর্সেনিক বা β-আর্সেনিক, ও (৩) ইয়েলো-আর্সেনিক বা α-আর্সেনিক বলা হয়। গ্রে-আর্সেনিক ধাতুর ন্যায় উজ্জ্বল ধূসর বর্ণে পাওয়া যায় এবং ইহাই আর্সেনিকের সাধারণ রূপ ; ধূসর আর্সেনিককে হাইড্রোজেন প্রবাহে উত্তপ্ত করিলে ব্ল্যাক-আর্সেনিক উৎপন্ন হয় ; ইহা কৃষ্ণবর্ণের অনিয়তাকার কঠিন পদার্থ। ইয়েলো-আর্সেনিক, সাধারণ আর্সেনিকের বাষ্পকে দ্রুত শীতল করিয়া পাওয়া যায় ; ইহা হলুদ বর্ণের কেলাসিত কঠিন পদার্থ।

ব্যবহার :

আর্সেনিক ১০০°—৫০০° সে উষ্ণতায় ঊর্ধ্বপাতিত হয় এবং ৫০০° সেন্টিগ্রেডের অধিক উষ্ণতায় গলিত হয়। ফস্‌ফোরাসের ন্যায়, As-এর অণু, চতুর্পরমাণুক (tetratomic)—As_4। আর্সেনিক বায়ুতে উত্তপ্ত করিলে, ইহা নীলবর্ণের শিখা উৎপন্ন করিয়া জলে ও As_4O_6 উৎপন্ন করে। আর্সেনিকের সূক্ষ্ম চূর্ণ ক্লোরিন গ্যাসের মধ্যে জ্বলিয়া উঠে ও $AsCl_3$ উৎপন্ন করে। গাঢ় HNO_3 বা অ্যাকোয়া রিজিয়ার সহিত বিক্রিয়ায় As, আর্সেনিক অ্যাসিড H_3AsO_4 উৎপন্ন করে।

As, আর্সেনিক অ্যাসিডসমূহ ও উহাদের লবণ প্রস্তুতিতে ব্যবহৃত হয়। As, সেঁকো-বিষ বা As_4O_6 উৎপাদনে ব্যবহৃত হয় ; As নানা ঔষধে ব্যবহৃত হয় ; স্যালভারসান (salvarsan), আর্সেনিক ঘটিত একটি বিখ্যাত ঔষধ। আর্সেনিক ধাতুসংকর উৎপাদনে প্রয়োগ হয়। আর্সেনিকের কয়েকটি যৌগিক অঙ্গলেপবর্ণ-রূপে ব্যবহৃত হয়।

আর্সেনিকের অক্সাইড ও অক্সিঅ্যাসিড :

আর্সেনিক দুইটি অক্সাইড—

(ক) আর্সেনিয়স অক্সাইড, বা আর্সেনিয়স ট্রায়কসাইড As_4O_6

এবং (খ) আর্সেনিক অক্সাইড বা আর্সেনিক পেণ্টক্‌সাইড As_4O_6 উৎপন্ন করে।

এই দুইটি অক্সাইডই অম্লধর্মী নিরুদক এবং জলের সহিত বিক্রিয়ায় উহারা যথাক্রমে—

(ক) আর্সেনিয়স অ্যাসিড H_3AsO_3

এবং (খ) আর্সেনিক অ্যাসিড H_3AsO_4 উৎপন্ন করে।

১। আর্সেনিয়স অক্সাইড :

আর্সেনিক ঘটিত খনিজকে, বায়ুতে তীব্র উত্তপ্ত করিলে As_4O_6 ঊর্ধ্বপাতিত হয়। As_4O_6 বা সেঁকো-বিষ একটি তীব্র বিষ। পাইরেক্স (Pyrex) কাঁচ প্রস্তুতিতে

আগাছা ও কীট নিবারকরূপে, ইঁদুর মারার জন্য, ম্যালেরিয়ার প্রতিষেধক ঔষধ প্রস্তুতিতে, বলবর্ধক ঔষধাদিতে, পরীক্ষাগারে নানা পরীক্ষাকার্য ইত্যাদিতে আর্সেনিয়স অক্সাইড ব্যবহৃত হয়।

২। আর্সেনিয়স অ্যাসিড ও আর্সেনাইট লবণ ঃ

আর্সেনিয়স অক্সাইডকে জলে দ্রবীভূত করিলে আর্সেনিয়স অ্যাসিডে, এবং ধাতব লবণ দ্রবণের সহিত বিক্রিয়া করিলে আর্সেনাইট লবণ উৎপন্ন হয়।



$$As_4O_6+6H_2O=4H_3AsO_3$$

আর্সেনিয়স অ্যাসিড একটি মৃদু-অম্ল ও বিজারক পদার্থ। কপার সালফেট দ্রবণের সহিত ইহা একটি সবুজ অধঃক্ষেপ উৎপন্ন করে।

সোডিয়ম আর্সেনাইট (Na_3AsO_3)—ঔষধরূপে ব্যবহৃত হয়। কপার আর্সেনাইট ($CuHAsO_3$) বা শীলেস গ্রীণ (Scheele's green) সবুজ অনুলেপবর্ণ-রূপে ব্যবহৃত হয়।

৩। আর্সেনিক অক্সাইড (As_2O_5) ঃ

আর্সেনিয়স অক্সাইডকে বায়ুতে দহন করিলে, বা HNO_3, Cl_2, প্রভৃতি জারক পদার্থের সহিত বিক্রিয়া করিলে আর্সেনিক পেণ্টক্সাইড বা আর্সেনিক অক্সাইড উৎপন্ন হয়—



$$As_4O_6+2O_2=2As_2O_5$$



$$As_4O_6+4HNO_3=2As_2O_5+2H_2O+2N_2O_5$$



$$As_4O_6+Cl_2+4H_2O=2As_2O_5+8HCl$$

আর্সেনিক পেণ্টক্সাইড একটি সাদা কেলাসিত কঠিন পদার্থ। ইহা অম্লধর্মী নিরুদক, ও জলের সহিত বিক্রিয়ায়, অ্যার্সেনিক অ্যাসিড (H_3AsO_4) উৎপন্ন করে। ইহা তীব্র বিষাক্ত পদার্থ। ইহা জারক পদার্থ রূপে ব্যবহৃত হয়।

৪। আর্সেনিক এসিড ও আর্সেনেট লবণ ঃ—

আর্সেনিক পেণ্টক্সাইডকে জলে দ্রবীভূত করিলে, আর্সেনিক অ্যাসিড এবং ক্ষার বা ধাতব লবণ দ্রবণের সহিত বিক্রিয়া করিলে, আর্সেনেট লবণ উৎপন্ন হয়—



$$As_2O_5+3H_2O=2H_3AsO_4$$

আর্সেনিক অ্যাসিড একটি তীব্র অম্ল ও জারক পদার্থ। ইহা KI-দ্রবণ হইতে আয়োডিন বিমুক্ত করে এবং অ্যামোনিয়ম মলিবডেট দ্রবণের সহিত একটি হলুদ রঙের অধঃক্ষেপ উৎপন্ন করে।*

সোডিয়ম আর্সেনেট (Na_2HAsO_4) জারক পদার্থরূপে এবং ছাপাকাপড় শিল্পে ব্যবহার হয়। লেড আর্সেনেট, ফলের গাছ হইতে শুঁয়াপোকা বিনাশের জন্য ব্যবহার হয়।

---

* ফসফেট লবণগুলিও এই বিক্রিয়াটি করে। প্রভেদের মধ্যে, ফসফেট লবণগুলি, অ্যামোনিয়ম্ মলিবডেটের উক্ত দ্রবণের সহিত হলুদ অধঃক্ষেপ উৎপন্ন করে, কিন্তু আর্সেনেট লবণগুলি সাধারণ উষ্ণতাতেই বিক্রিয়া করিয়া থাকে।

চতুর্থ অধ্যায়—সংযোজন

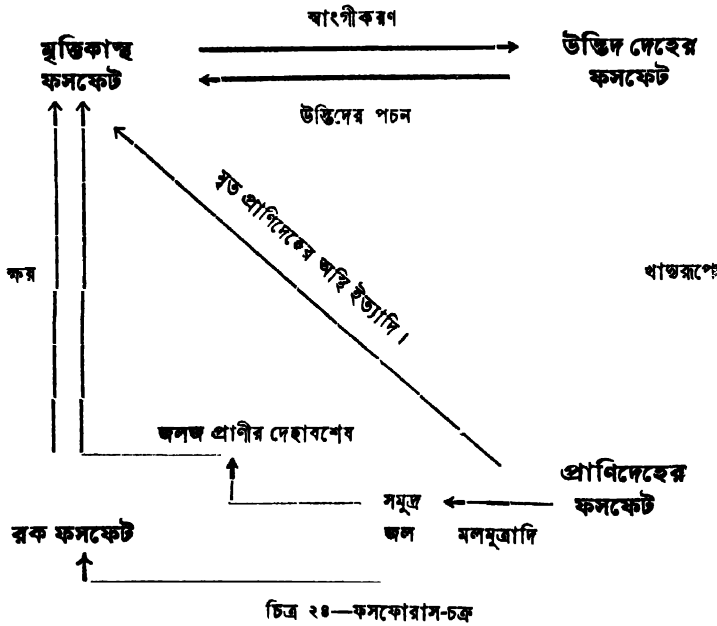
নাইট্রোজেন, ফসফোরাস ও আর্সেনিকের তুলনা

নাইট্রোজেন, ফসফোরাস ও আর্সেনিকের মধ্যে নিকট সাদৃশ্য লক্ষিত হয় এবং পর্যায় সারণীতে উহারা একই 'শ্রেণী বা বর্গ' (group) ভুক্ত। নিম্নে উহাদের তুলনামূলক আলোচনা তালিকাবদ্ধ করা হইয়াছে—

	নাইট্রোজেন	ফসফোরাস	আর্সেনিক
পারমাণবিক ভার	১৪	৩১	৭৪·৯
পরমাণু ক্রমাংক	৭	১৫	৩৩
পর্যায় সারণীতে স্থান	পঞ্চম শ্রেণী	পঞ্চম শ্রেণী	পঞ্চম শ্রেণী
পরমাণুর সর্ববহিঃস্থ কক্ষস্থ ইলেকট্রন সংখ্যা	৫	৫	৫
প্রধান যোজ্যতা	৩,৫	৩,৫	৩,৫
সমকোলতা	সমকোলিক রূপ অ্যাকৃটিভ নাইট্রোজেন	সমকোলিক রূপ—শ্বেত ও লোহিত ফসফোরাস ইত্যাদি	সমকোলিক রূপ—α, β ও γ আর্সেনিক
হাইড্রাইডের সংকেত	NH_3	PH_3	AsH_3
হাইড্রাইডের ধর্ম	ক্ষারীয়	মৃদু-ক্ষারীয়	মৃদু-ক্ষারীয়
প্রধান অক্সাইড	N_2O, NO, NO_2, N_2O_3, N_2O_5	P_4O_6, P_2O_5	As_4O_6, As_2O_5
অক্সাইডের ধর্ম :	অম্লধর্মী নিরুদক	অম্লধর্মী নিরুদক	অম্লধর্মী নিরুদক
প্রধান অক্সি অ্যাসিড	HNO_2, HNO_3	H_3PO_3, H_3PO_4	H_3AsO_3, H_3AsO_4
ক্লোরাইডের সংকেত	NCl_3	PCl_3	$AsCl_3$
ধাতব যৌগিক	নাইট্রাইড, যথা Mg_3N_2	ফসফাইড, যথা Cu_3P_2	আর্সেনাইড, যথা Cu_3As_2

ফসফোরাস-চক্র ঃ

প্রাণী ও উদ্ভিদ দেহের একটি গুরুত্বপূর্ণ উপাদান—ফসফোরাস। প্রাকৃতিক ফস্‌ফোরাস হইতে নানা পথে প্রাণী ও উদ্ভিদ দেহ এই ফস্‌ফোরাস স্বাংগীকরণ করে এবং চক্রাবর্ত পথে প্রাণী ও উদ্ভিদ দেহ হইতে ফস্‌ফোরাস আবার প্রকৃতিতে ফিরিয়া যায়। এই পরস্পরের পরিপূরক প্রক্রিয়াকে ফস্‌ফোরাস-চক্র বলা হয়—



চিত্র ২৪—ফসফোরাস-চক্র

অনুশীলনী—৪ (ক) (খ)

1, What is the most important source of Phosphorus? How is the element prepared on a large scale? Mention the chief properties of phosphorus.

2. Describe the allotropic modifications of phosphorus. How may red phosphorus be obtained from white phosphorus and *vica-versa*? Give the uses of phosphorus.

3. How will you obtain (a) Ortho phosphoric acid, (b) Phosphine (c) Phosphorus trichloride and (d) Phosphorus Pentoxide from Phosphorus.

4. "Both phosphorus and Nitrogen belong to the same class of element" justify the statement with illustration.

Wha is tha action of (a) NaOH. (b) HNO_3, (c) O_2 and (d) Cl_2 with Phosphorus.

5. Give the preparation of the principle oxides and oxyacids of Phosphorus and discuss their properties. What is Superphosphate of lime? How is it prepared and what are its uses.

6. 'Both phosphorus and Nitrogen are the unavoidable elements for the animals and Plants and they are always being taken up from nature by the animals and Plants'. —Explain why the proportions remain practically the same in nature.

What is the utility of phosphate-fertilizer and nitrogenous fertilizer?

7. How is Arsenic prepared? Describe the allotropic modifications of Arsenic and discuss some main properties of Arsenic.

8. Briefly describe about the principle oxides and oxyacids of Arsenic and name some of the salts of its oxyacids and give their uses.

9. 'Arsenic, Nitrogen and Phosphorus belong to the same family of elements'. Give answer with illustration.

10. How do you distinguish the following :—
   (a) White Phosphorus from red Phosphorus;
   (b) Phosphate-salts from Arsenate salts;
   (c) Arsenate salts from Arsenide salts.
   (d) between NH_3, PH_3 and AsH_3.

পঞ্চম অধ্যায়—(ক)

কার্বন (Carbon)

সংকেত—C ; পারমাণবিক ভার—১২ ; পরমাণু-ক্রমাংক—৬

প্রাকৃতিক অস্তিত্ব ঃ

ভূত্বকে কার্বনের পরিমাণ মাত্র ০৫% হইলেও কার্বন একটি বহু বিস্তৃত মৌল। প্রকৃতিতে কার্বন, মৌল ও যৌগিক উভয়রূপেই বর্তমান থাকে। মৌল কার্বনের মধ্যে—হীরক, গ্রাফাইট প্রভৃতি উল্লেখযোগ্য। পৃথিবীতে প্রাকৃতিক কয়লার যে বিপুল পরিমাণ বর্তমান আছে, উহার মূল উপাদান মৌল কার্বন। খনিজ তৈল, যথা—পেট্রোলিয়ম প্রভৃতি, বিভিন্ন হাইড্রোকার্বন ইত্যাদি—ইহারাও কার্বনজাত। খনিজ পদার্থের মধ্যে কার্বনেট আকরগুলিতে যথা, ক্যালসিয়ম কার্বনেট, ম্যাগনেসিয়ম কার্বনেট ইত্যাদিতে—প্রচুর পরিমাণে কার্বনের যৌগিকরূপে অস্তিত্ব দেখা যায়।

প্রকৃতিতে কার্বনের সর্বাধিক অস্তিত্ব—প্রাণী ও উদ্ভিদ্‌জগতে। প্রাণী ও উদ্ভিদ-জগতের প্রাথমিক এবং অপরিহার্য উপাদান কার্বন। প্রাণী ও উদ্ভিদ্ দেহের প্রতিটি অংশই কার্বনের যৌগিক-সঞ্জাত। কার্বনের এই সুবিপুল অস্তিত্বের জন্য, সমগ্র মৌলগুলির মধ্যে কার্বনের একটি বিশেষ বৈশিষ্ট্য আছে। কার্বন প্রাণী ও উদ্ভিদের

যে অসংখ্য যৌগিক উৎপন্ন করে, তাহার আলোচনার জন্য জৈব রসায়ন নামে রসায়ন শাস্ত্রের একটি পৃথক শাখা নির্দিষ্ট হইয়াছে।

কার্বনের সমকৌলতা :

কার্বন মৌলটি, নানা সমকৌলিকরূপে বর্তমান থাকে। এই সমকৌলিক রূপ-গুলিকে, প্রধানতঃ দুইটি শাখায় ভাগ করা যায়—**স্ফটিকাকার** (crystalline) ও (২) **অনিয়তকার** (amorphous)।

১। স্ফটিকাকার কার্বনের সমকৌলিক রূপ সমূহ :

কার্বন স্ফটিকাকারে, প্রধানতঃ দুইটি সমকৌলিকরূপে পাওয়া যায়—(ক) হীরক বা ডায়মণ্ড (diamond), (খ) গ্রাফাইট (graphite)।

(ক) হীরক বা ডায়মণ্ড :

ভারতবর্ষ, ব্রাজিল, দক্ষিণ আফ্রিকা, আমেরিকা প্রভৃতি দেশে অষ্টতল (Octa-hedral) বা বর্গাকৃতি (Cubical) কেলাসরূপে খনিজ হীরক পাওয়া যায়। সাধারণতঃ হীরক মৃদু বর্ণযুক্ত হয় ; লাল, বাদামী, গোলাপী, সবুজ প্রভৃতি বর্ণগুলিই সাধারণতঃ দেখা যায়। কৃষ্ণবর্ণের হীরককে কার্বনেডো (Carbonado) বা বর্ট (bort) বলা হয়।

হীরক বহুমূল্য রত্ন। ইহার আকৃতি, প্রকৃতি, স্বচ্ছতা ও ওজনভেদে ইহার মূল্যভেদ হয়। পৃথিবীর বিখ্যাত কয়েকটি হীরকের ওজন নিম্নরূপ—

(১) দি হোপ—৪৪'৫ ক্যারাট
(২) কোহিনূর—১৮৬ ক্যারেট
(৩) কুলিনান—৩০৩২ ক্যারাট
(৪) পিট্—১৩৬২ ক্যারাট

হীরক সর্বাপেক্ষা কঠিন বস্তু। ইহার ঘনত্ব ৩'৫। প্রতিসরণ ক্ষমতা অত্যধিক বলিয়া ইহা বহুমূল্য রত্ন হিসাবে সমাদৃত। ইহা জল, অম্ল ও ক্ষারে অদ্রাব্য। অতি উচ্চ তাপে বায়ুর সহিত দহিত হইয়া CO_2 উৎপন্ন করে। রঞ্জনরশ্মি আসল হীরকের মধ্য দিয়া প্রতিগমন করে বলিয়া রঞ্জনরশ্মিতে উহা স্বচ্ছ দেখায়। **ময়সাঁ** (Moissan) প্রথম কৃত্রিম হীরক প্রস্তুতিতে সাফল্যলাভ করেন।

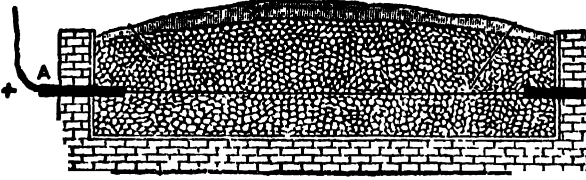
হীরক রত্ন হিসাবেই ব্যবহৃত হয়। ইহা ছাড়া হীরক কাঁচ কাটিবার কার্যে ব্যবহৃত হয়। কৃষ্ণবর্ণ হীরক হইতে খনিজ-গুঁড়ানর যন্ত্র প্রস্তুত হয়।

(খ) গ্রাফাইট :

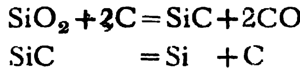
ভারতবর্ষ, সিংহল, সাইবেরিয়া, ইটালি, যুক্তরাষ্ট্র প্রভৃতিতে প্রাকৃতিক গ্রাফাইটের আকর বর্তমান আছে। সীসার সহিত বাহ্যিক সাদৃশ্য থাকায়, খনিজ গ্রাফাইটকে 'ভূমিসীসক (plumbago)' বলা হয়।

প্রস্তুতি ঃ

'অ্যাকেসন (Acheson) প্রণালীতে' কৃত্রিম গ্রাফাইট তৈয়ার হয়। এই প্রণালীতে অ্যানথ্রাসাইট কয়লা (anthracite) ও বালুর মিশ্রণ লইয়া একটি বিদ্যুৎ-চুল্লীতে ২৪—৩০ ঘণ্টা উত্তপ্ত করা হয়। বিক্রিয়ার ফলে প্রথমতঃ সিলিকন কার্বাইড (SiC) উৎপন্ন হয় ও উহা পরে বিশ্লিষ্ট হইয়া সিলিকন ও গ্রাফাইট উৎপন্ন হয়; সিলিকা চুল্লীর তাপে বাষ্পীভূত হয় ও অবশিষ্ট গ্রাফাইট পাওয়া যায় (চিত্র-২৫)।



চিত্র ২৫—অ্যাকেসন প্রণালীতে গ্রাফাইট প্রস্তুত



$$SiO_2 + 2C = SiC + 2CO$$
$$SiC = Si + C$$

গ্রাফাইট নরম পদার্থ। ইহার একটি ধাতব দীপ্তি আছে কিন্তু ইহার উপরিতল মসৃণ। এই মসৃণতা গ্রাফাইটের বৈশিষ্ট্য। মসৃণতার জন্য গ্রাফাইট-চূর্ণ, যন্ত্রাদিতে ঘর্ষণ রোধ করিতে কঠিন মসৃণক (solid lubricant)-রূপে ব্যবহৃত হয়। ইহার ঘনত্ব ২·২। কাগজের উপর গ্রাফাইট ঘর্ষণ করিলে কালো দাগ পড়ে। উড্-পেন্সিল বা লেড পেন্সিলে সে কারণেই গ্রাফাইটের দণ্ড ব্যবহার করা হয়। গ্রাফাইটকে বায়ুতে তীব্র উত্তপ্ত করিলে CO_2 উৎপন্ন হয়। গ্রাফাইট সাধারণভাবে অদ্রাব্য, কিন্তু জারকধর্মী অ্যাসিডের সহিত ইহা বিক্রিয়া করে।

২। অনিয়তাকার কার্বনের সমকৌলিক রূপসমূহ ঃ

অনিয়তাকার কার্বন নানা সমকৌলিকরূপে বর্তমান থাকে; তন্মধ্যে নিম্নোক্ত রূপগুলি প্রধান—

(ক) কাঠকয়লা বা উদ্ভিজ্জ অংগার (wood charcoal),
(খ) প্রাণীজ-অংগার (animal charcoal),
(গ) ভূষা কয়লা (lamp black),
(ঘ) গ্যাস-কার্বন (gas carbon) ও (ঙ) কোক (coke),

(ক) উদ্ভিজ্জ অংগার ঃ

উদ্ভিদ দেহের সকল অংশই কার্বন-জাত। উদ্ভিদ দেহের প্রধান অংশ কাঠকে অল্প মাত্রায় বায়ু সহযোগে অন্তর্ধূম পাতন করিলে, উদ্ভিজ্জ অংগার বা সাধারণ

কাঠকয়লা পাওয়া যায়। উদ্ভিজ্জাত অন্য পদার্থ যথা চিনি অনুরূপভাবে অন্তর্ধূম পাতন করিলে ; শর্করা-অংগার (sugar charcoal) পাওয়া যায়। শর্করা-অংগার মৌল কার্বনের বিশুদ্ধতম রূপ।

ধর্ম ও ব্যবহার ঃ

কাষ্ঠের প্রকৃতি অনুযায়ী বিভিন্ন ধর্মের কাঠকয়লা পাওয়া যায়। সাধারণতঃ ইহা কালো, নরম পদার্থ এবং ইহার ঘনত্ব ১.৫। জলের অপেক্ষা ইহার ঘনত্ব অধিক হইলেও ইহা জলে ভাসে ; কারণ কাঠকয়লা একটি অতিমাত্রায় সচ্ছিদ্র কঠিন পদার্থ এবং এই ছিদ্রস্থ বায়ুর জন্যই উহার ভাসমানতা (buyoyancy) ধর্ম আরোপিত হইয়া থাকে। সচ্ছিদ্রতার জন্য, কাঠকয়লা বহু গ্যাসকে শোষণ করে এবং বহু রঙীন পদার্থও ইহার দ্বারা শোষিত হইয়া থাকে।

কাঠকয়লা উচ্চতাপে বায়ুর সহিত CO_2 উৎপন্ন করে। ইহা একটি উৎকৃষ্ট বিজারক পদার্থ এবং উচ্চ তাপে বহু ধাতব অক্সাইড ইহার সহিত বিক্রিয়ায় ধাতুতে পরিণত হয়। জারকধর্মী অ্যাসিডগুলির সহিত ইহার সহজেই বিক্রিয়া ঘটে।

কাঠকয়লা—বিজারক পদার্থরূপে ধাতু নিষ্কাষণে ব্যবহৃত হয়। আখের রসকে বর্ণহীন করিয়া চিনি প্রস্তুতের কার্যে ইহা ব্যবহৃত হয়। গ্যাস শোষণের জন্য ও গ্যাস-মুখোসে ইহা ব্যবহৃত হয়। ঔষধরূপে এবং জীবাণু নাশকরূপেও ইহা ব্যবহৃত হয়। বারুদের অন্যতম উপাদানরূপে কাঠকয়লা ব্যবহৃত হয়। কাঠকয়লা জ্বালানী রূপেও ব্যবহৃত হয়।

(খ) প্রাণীজ অংগার ঃ

প্রাণিদেহের বিভিন্ন অংশ, যথা—অস্থি, রক্ত প্রভৃতিকে অন্তর্ধূমপাতন করিলে প্রাণীজ-অংগার উৎপন্ন হয়। অস্থি হইতে জাত অংগারকে, অস্থি-অংগার (Bone charcoal) এবং রক্ত হইতে জাত অংগারকে শোণিত অংগার (Blood charcoal) বলা হয়।

অস্থি-অংগার উৎপাদনের জন্য, প্রথমতঃ অস্থিকে চর্বিশূন্য করিয়া একটি বদ্ধপাত্রে অন্তর্ধূমপাতন করা হয়। অন্তর্ধূমপাতনের শেষে যে পদার্থ উৎপন্ন হয় উহা অস্থিভস্ম ও অস্থি-অংগারের একটি মিশ্র ; এই মিশ্রকে HCl দ্রবণ সাহায্যে বিক্রিয়া করিলে, অস্থিভস্ম (ক্যালসিয়ম ফসফেট) দ্রবীভূত হয় এবং অস্থি-অংগার অবশিষ্ট থাকে। এই অস্থি-অংগারকে চূর্ণ, ধৌত ও শুষ্ক করিয়া ব্যবহার করা হয়। ইহা সাধারণতঃ আইভরি ব্ল্যাক (Ivory black) নামে পরিচিত।

ধর্ম ও ব্যবহার ঃ

প্রাণীজ অংগার ঘন কৃষ্ণবর্ণের কঠিন পদার্থ। ইহার ধর্ম উদ্ভিজ্জ অংগারের ন্যায়। গ্যাস ও রঙীন পদার্থের শোষণ-ক্ষমতা অধিক বলিয়া, প্রাণীজ অংগার বহুল পরিমাণে বিভিন্ন ক্ষেত্রে, যথা—শর্করা শিল্পে ব্যবহৃত হয়। প্রাণীজ অংগার চূর্ণ অঙ্গুলেপ বর্ণ হিসাবে বহু ব্যবহৃত হয়।

(গ) ভুসা কয়লা ঃ

প্রচুর কার্বন-যৌগ যুক্ত জৈব পদার্থ, যথা—তার্পিন তৈল, কেরোসিন তৈল প্রভৃতি, পরিমিত বায়ুতে দহন করিলে যে শিখা উৎপন্ন হয়, উহার সহিত কালো ধূমরূপে কার্বনও বিনির্গত হয়। এই শিখা কোন শীতল পাত্রে বা প্রাচীরে প্রতিহত করিলে উৎপন্ন কার্বন, সূক্ষ্ম কৃষ্ণ-বর্ণের চূর্ণ রূপে জমিয়া থাকে। ইহাই ভূসা-কয়লা বা ভুসা-কালি।

ভূসা-কয়লা, কালো রং রূপে ছাপার কালি, জুতার কালি প্রভৃতিতে বহু ব্যবহৃত হয়।

(ঘ) কোক-কয়লা ঃ

প্রাকৃতিক কয়লার মধ্যে কার্বন-যৌগিক ও মৌল-কার্বন থাকে। কয়লাকে বদ্ধ-পাত্রে অন্তর্ধূমপাতন করিলে, উদ্বায়ী কার্বন-যৌগিক দূরীভূত হইয়া অনুদ্বায়ী মৌল-কার্বন অবশিষ্ট থাকে। ইহাকে কোক-কয়লা বলা হয়। উচ্চ তাপে অন্তর্ধূমপাতন করিয়া যে কোক পাওয়া যায় উহাকে হার্ড-কোক (hard coke) এবং নিম্নতাপে অন্তর্ধূমপাতন করিয়া যে কোক পাওয়া যায় উহাকে সফ্‌ট-কোক (soft coke) বলা হয়। হার্ড-কোক ধাতু নিষ্কাশনে ও সফ্‌ট-কোক রন্ধনাদি কার্য্যে ব্যবহৃত হয়।

(ঙ) গ্যাস কার্বন ঃ

কয়লাকে অন্তর্ধূমপাতন করিয়া কোক উৎপাদন কালে, পাতন-পাত্রের গাত্রে কিছু কার্বন, সূক্ষ্ম চূর্ণরূপে ঊর্ধ্বপাতিত হইয়া জমিতে দেখা যায়। ইহাকে গ্যাস কার্বন বলা হয়।

গ্যাস কার্বনের ঘনত্ব—২'৫৫ এবং অন্যান্য ধর্ম কাঠকয়লার ন্যায়। ইহা তাপ ও বিদ্যুৎ-পরিবাহী। তড়িৎ-দণ্ড (electrode) নির্মাণে ইহা সমধিক ব্যবহৃত হয়।

কার্বনের ধর্ম ঃ

বিভিন্ন সমকৌলিকরূপে বর্তমান থাকিলেও, সকল রূপেই কার্বনের কতকগুলি সাধারণ ধর্ম আছে।

কার্বন সাধারণভাবে অদ্রাব্য এবং জল, ক্ষার বা অম্লের সহিত বিক্রিয়াহীন। অক্সিজেনের সহিত উচ্চতাপে, কার্বন—কার্বন ডায়কসাইড ও কার্বন মনোকসাইড উৎপন্ন করে।



$$2C + O_2 = 2CO$$



$$C + O_2 = CO_2$$

হাইড্রোজেনের সহিত কার্বন, বিপুল-সংখ্যক হাইড্রোকার্বন শ্রেণীর যৌগিক যথা—অ্যাসিটিলীন, ইথিলীন, মিথেন প্রভৃতি উৎপন্ন করে—



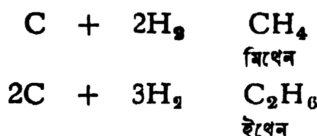
$$2C + H_2 = C_2H_2$$

অ্যাসিটিলিন



$$2C + 2H_2 = C_2H_4$$

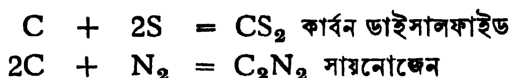
ইথিলীন



$$C + 2H_2 \quad CH_4$$
মিথেন

$$2C + 3H_2 \quad C_2H_6$$
ইথেন

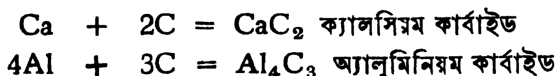
কার্বন, সালফারের সহিত কার্বন ডাইসালফাইড্, ও নাইট্রোজেনের সহিত সায়নোজেন উৎপন্ন করে—



$$C + 2S = CS_2$$ কার্বন ডাইসালফাইড

$$2C + N_2 = C_2N_2$$ সায়নোজেন

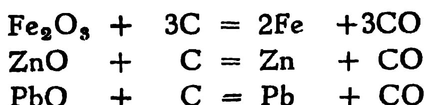
উত্তপ্ত ধাতু, যথা—ক্যালসিয়ম, অ্যালুমিনিয়ম প্রভৃতির সহিত কার্বন, কার্বাইড শ্রেণীর যৌগিক উৎপন্ন করে—



$$Ca + 2C = CaC_2$$ ক্যালসিয়ম কার্বাইড

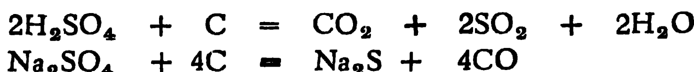
$$4Al + 3C = Al_4C_3$$ অ্যালুমিনিয়ম কার্বাইড

কার্বন একটি উৎকৃষ্ট বিজারক পদার্থ। বিভিন্ন ধাতুর অক্সাইড; কার্বনের সহিত উত্তপ্ত করিলে ধাতুতে বিজারিত হয়—



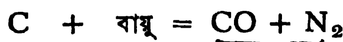
$$Fe_2O_3 + 3C = 2Fe + 3CO$$
$$ZnO + C = Zn + CO$$
$$PbO + C = Pb + CO$$

বহু যৌগিক পদার্থও কার্বন যোগে বিজারিত হয়—



$$2H_2SO_4 + C = CO_2 + 2SO_2 + 2H_2O$$
$$Na_2SO_4 + 4C = Na_2S + 4CO$$

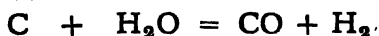
অতিরিক্ত মাত্রায় রক্ততপ্ত কার্বনের উপর দিয়া বায়ু চালনা করিলে, বিক্রিয়ার ফলে, কার্বন মনোকসাইড ও নাইট্রোজেনের একটি মিশ্র পাওয়া যায়; এই মিশ্রকে **প্রোডিউসার গ্যাস** (Producer gas) বলা হয় ও গ্যাসীয় জ্বালানীরূপে ইহা বহুল ব্যবহৃত হইয়া থাকে।



$$C + \text{বায়ু} = \underbrace{CO + N_2}$$

প্রোডিউসার গ্যাস

অতিরিক্ত মাত্রায় রক্ততপ্ত কার্বনের উপর দিয়া স্টীম চালনা করিলে বিক্রিয়ার ফলে, কার্বন মনোকসাইড ও হাইড্রোজেনের একটি মিশ্র পাওয়া যায়; এই মিশ্রকে ওয়াটার গ্যাস (water gas) বলা হয় এবং হাইড্রোজেনের উৎপাদনে জ্বালানীরূপে ইহা বহুল ব্যবহৃত হইয়া থাকে।



$$C + H_2O = \underbrace{CO + H_2}$$

ওয়াটার গ্যাস

পঞ্চম অধ্যায়—(ক) সংযোজন

কয়লা (coal) :

প্রকৃতিতে কয়লা একটি সুপরিচিত পদার্থ। কয়লার ব্যবহার ও স্টীম-শক্তি উৎপাদনের ফলেই সভ্যতার অগ্রগতি ঘটিয়াছে। পৃথিবীর প্রায় সকল দেশেই কয়লা দেখিতে পাওয়া যায়। কয়লা একমাত্র সহজলভ্য ও সুলভ জ্বালানী।

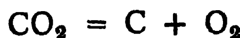
কয়লা উদ্ভিজ্জাত পদার্থ। প্রাচীন কালে বৃহৎ অরণ্যসমূহ ভূনিম্নে প্রোথিত হইয়া, ভূগর্ভস্থ উত্তাপে ও উপরিস্থ ভূত্বকের চাপে—কয়লাতে পরিণত হইয়াছিল। কয়লার বিভিন্ন রূপ দেখা যায়, যথা—পিট (Peat), লিগনাইট (Lignite), বিটুমিনাস (Bituminous), ক্যানেল (Cannel) ও অ্যানথ্রাসাইট (Anthracite)।

পিট কয়লা, উদ্ভিদ হইতে কয়লার পরিবর্তনের প্রাথমিক রূপ। ইহার ব্যবহার সীমাবদ্ধ। **লিগনাইট কয়লা,** পিট কয়লার পরবর্তী রূপ। ইহারও জ্বালানী ক্ষমতা কম বলিয়া ব্যবহার সীমাবদ্ধ। **বিটুমিনাস** বা **সাধারণ কয়লা,** কয়লার অপেক্ষাকৃত পরিণত রূপ। জ্বালানীরূপে ইহা ব্যবহৃত হয়। ইহার দহন কালে প্রচুর জ্বালানী গ্যাস ও সধূম হলুদ শিখা উৎপন্ন হয়। **ক্যানেল কয়লা** বিটুমিনাসের পরবর্তী রূপ এবং কোল গ্যাস উৎপাদনের কার্যেই সমধিক ব্যবহৃত হয়। **অ্যানথ্রাসাইট কয়লার** মধ্যে মৌল কার্বনের মাত্রা সর্বোচ্চ এবং জ্বালানী ক্ষমতাও সর্বাধিক। ইহা প্রধানতঃ রন্ধনকার্যে ও ধাতু-নিষ্কাশনে ব্যবহৃত হয়।

কার্বন চক্র (Carbon cycle) :

প্রাণী ও উদ্ভিদের দেহের অপরিহার্য উপাদানরূপে কার্বন প্রকৃতি হইতে নিয়তই গৃহীত হইতেছে। প্রকৃতি হইতে কার্বন এইরূপে নিয়ত গৃহীত হইলেও, প্রকৃতিতে কার্বনের পরিমাণ একটি স্বতঃ নিয়ন্ত্রিত প্রক্রিয়ায় নিত্য থাকে। এই স্বতঃ নিয়ন্ত্রিত প্রক্রিয়াকে "কার্বন চক্র" বলা হয়।

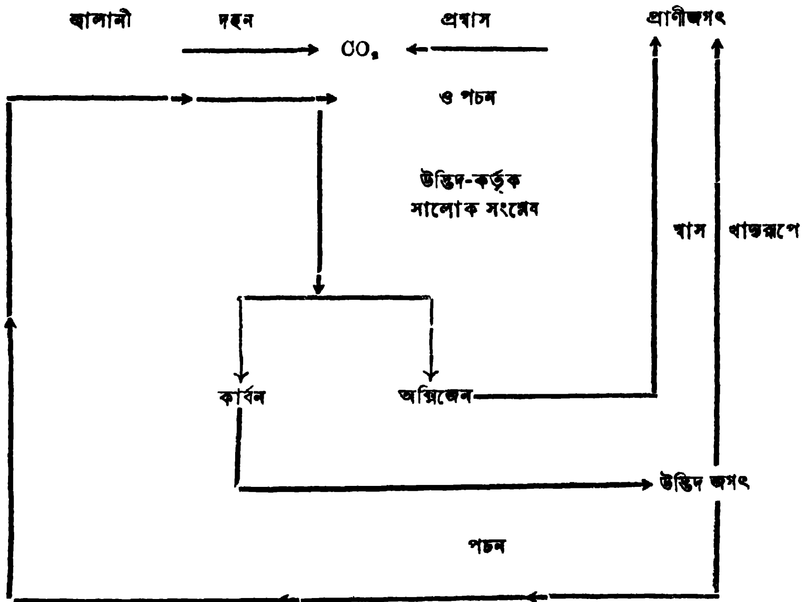
প্রধানতঃ উদ্ভিদ-খাদ্য হইতেই প্রাণিদেহের জৈব দেহকোষের কার্বন উপাদান সংগৃহীত হয়। প্রাণিদেহস্থ কার্বন-যৌগিকের অংশ জারিত হইয়া, CO_2 রূপে বায়ু-মণ্ডলে বিমুক্ত হয়। ইহা ছাড়া প্রাণী ও উদ্ভিদ দেহের পচনে ও জ্বালানীর দহনেও বায়ু-মণ্ডলে যথেষ্ট CO_2 বিমুক্ত হয়। এই বিমুক্ত CO_2 হইতে উদ্ভিদ জগৎ উহাদের প্রয়োজনীয় কার্বন সংগ্রহ করে। উদ্ভিদ-দেহের সবুজ অংশে ক্লোরোফিল (Chlorophyll) নামে একটি জটিল যৌগিক থাকে ; এই ক্লোরোফিল, সূর্যালোকের সান্নিধ্যে **সালোক-সংশ্লেষ (photo-synthesis)** বিক্রিয়ায় CO_2-কে বিশ্লিষ্ট করিয়া কার্বন ও অক্সিজেনে পরিণত করে—



$$CO_2 = C + O_2$$

উৎপন্ন C, উদ্ভিদ-কোষে খাদ্যরূপে শোষিত হয় ও অক্সিজেন বায়ু-মণ্ডলে বিমুক্ত হয়। এইরূপে প্রাণিদেহ-কর্তৃক উদ্ভিদ-জগৎ হইতে গৃহীত কার্বন, পুনরায় উদ্ভিদ-জগতেই ফিরিয়া আসে এবং প্রাণিদেহ কর্তৃক গৃহীত শ্বাস-ক্রিয়ার প্রয়োজনীয় অক্সিজেনও পুনরায় বায়ু-মণ্ডলে উৎপন্ন হইয়া থাকে। ফলে, প্রকৃতিতে কার্বন ও অক্সিজেনের পরিমাণ নিত্য থাকে।

প্রকৃতিতে উৎপন্ন CO_2, কিছু পরিমাণ বৃষ্টিজলে ধৌত হইয়া, কার্বনেট খনিজরূপে মৃত্তিকায় জমে এবং কিছু CO_2, বৃষ্টি জলে ধৌত হইয়া, সমুদ্রে জমে ও সামুদ্রিক প্রাণীর কঠিন ক্যালসিয়ম বহিরাবরণ উৎপাদনে প্রযুক্ত হয়। এইরূপেও বায়ুমণ্ডলে অতিরিক্ত CO_2 জমিয়া উঠার সম্ভাবনা, আংশিকরূপে নিবারিত হয়।



চিত্র ২৩—কার্বন-চক্রের রেখাচিত্র

পঞ্চম অধ্যায়—(খ)

কার্বন ডায়কসাইড

(Carbon dioxide)

আণবিক সংকেত—CO_2 ; আণবিক ভার—৪৪ ; ঘনত্ব—২২

পূর্বকথা ঃ

১৬৩০ খ্রীষ্টাব্দে ভ্যন হেলমণ্ট প্রথম কার্বন ডায়কসাইড প্রস্তুত করেন। ব্ল্যাক (১৭৫৫) ইহাকে আবদ্ধ বায়ু (fixed air) এবং ল্যাভোয়াসিয়ে ইহাকে 'অ্যাসিড কার্বনিক' (carbonique) নামকরণ করেন।

প্রাকৃতিক অস্তিত্ব ঃ

কার্বন ডায়কসাইড প্রকৃতিতে বহুল পরিমাণে বর্তমান আছে। বায়ুতে অল্প পরিমাণ CO_2 থাকে। জ্বালানীর দহনে ও শ্বাসপ্রশ্বাস ক্রিয়ায় CO_2 নিয়তই উৎপন্ন হইয়া থাকে। খনিজ জলে দ্রবীভূত CO_2 থাকে। কোনো কোনো অঞ্চলে 'প্রাকৃতিক গ্যাস' রূপে, CO_2 উদ্ভূত হইয়া থাকে।

চূনের সহিত মিশ্রিতাবস্থায়, CO_2—ক্যালসাইট, চক, মার্বেল পাথর, চূনাপাথর প্রভৃতি খনিজ উৎপন্ন করে। অনুরূপ ভাবে ম্যাগনেসিয়ার সহিত যৌগাবস্থায়, ম্যাগনেসাইট খনিজ উৎপন্ন হয়।

কার্বন ডায়কসাইডের প্রস্তুতি ঃ

১। পরীক্ষাগারে কার্বন ডায়কসাইডের প্রস্তুতি ঃ

একটি দুইমুখযুক্ত উলফ্ বোতলে কিছু মার্বেল-পাথরের টুকরা লইয়া, উহার মুখ দুইটি ছিপি দ্বারা বন্ধ করা হইল। ছিপির মধ্য দিয়া একটি মুখে একটি দীর্ঘগ্রীবা ফানেল (Thistle funnel) ও অপর মুখে একটি নির্গম-নল যুক্ত করা হইল। নির্গম-নলের অপর মুখটি একটি শুষ্ক শূন্য গ্যাসজারে প্রবিষ্ট থাকে।

এখন ফানেলটির মধ্য দিয়া, উলফ্ বোতলে, লঘু HCl দ্রবণ যোগ করিলে, বোতলটির মধ্যে বুদ্‌বুদাকারে CO_2 উৎপন্ন হইতে থাকে এবং নির্গম নলপথে বাহির হইয়া আসে। CO_2-গ্যাস, বায়ু অপেক্ষা ভারী বলিয়া, ইহাকে গ্যাসজারে বায়ুর ঊর্ধ্বাপসারণ প্রণালীতে সংগ্রহ করা হয়।



$$CaCO_3+2HCl=CaCl_2+H_2O+CO_2$$

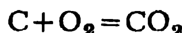
উৎপন্ন গ্যাসের সহিত অল্প পরিমাণে HCl গ্যাস মিশ্রিত থাকিতে পারে। CO_2-গ্যাস অনার্দ্র ও বিশুদ্ধরূপে সংগ্রহের প্রয়োজন হইলে, উলফ্ বোতল হইতে উৎপন্ন গ্যাসকে একটি সোডিয়ম বাই-কার্বনেট দ্রবণের মধ্য দিয়া চালিত করিলে,

HCl-গ্যাস $NaHCO_3$ দ্রবণ দ্বারা শোষিত হয়, পরে ঐ গ্যাসকে গাঢ় H_2SO_4এর মধ্য দিয়া চালিত করিলে উহা অনার্দ্র হইয়া থাকে। অনার্দ্র ও বিশুদ্ধ CO_2 গ্যাস পারদের উপর সংগ্রহ করা হয়।

পরীক্ষাগারে অধিক পরিমাণে ও মধ্যে মধ্যে CO_2-এর প্রস্তুত প্রয়োজন হইলে কিপস যন্ত্র ব্যবহার করা হয়। এই প্রণালীতে কিপস যন্ত্রের মধ্যম গোলকে কিছু মার্বেল পাথরের টুকরা রাখা হয় ও উপরিস্থ ফানেল হইতে লঘু-HCl দ্রবণ যোগ করা হয়। উৎপন্ন CO_2-মধ্যম গোলকের সহিত যুক্ত পার্শ্বনল দিয়া বহির্গত হইতে থাকে এবং প্রয়োজনমত উহাকে ব্যবহার করা চলে। (অজৈব রসায়ন : প্রথম খণ্ড পৃঃ ১৫৭ দ্রষ্টব্য)।

২। কার্বন ডায়কসাইড প্রস্তুতির অন্যান্য প্রণালী ঃ

(ক) কার্বন, বা কার্বনের যৌগিককে যথেষ্ট বায়ুতে দহন করিলে CO_2 উৎপন্ন হয়—



$$C+O_2=CO_2$$

(খ) কার্বনেট ও বাইকার্বনেট লবণকে যথেষ্ট উত্তপ্ত করিলে CO_2 উৎপন্ন হয়—



$$CaCO_3=CaCO+CO_2$$



$$2NaHCO_3=Na_2CO_3+CO_2+H_2O.$$

সোডিয়ম ও পটাসিয়ম কার্বনেট ব্যতীত সকল কার্বনেটই উপরোক্ত প্রক্রিয়ায় বিশ্লিষ্ট হয় ও CO_2 উৎপন্ন করে।

(গ) কার্বনেট ও বাইকার্বনেট লবণের উপর অম্লের বিক্রিয়ায়, CO_2 উৎপন্ন হয়।



$$CaCO_3+2HCl=CaCl_2+H_2O+CO_2$$



$$NaHCO_3+HNO_3=NaNO_3+H_2O+CO_2$$

৩। কার্বন ডায়কসাইডের শিল্প প্রস্তুতি ঃ

প্রচুর পরিমাণে CO_2 উৎপাদনের জন্য সাধারণতঃ

(ক) চুল্লীতে চুনাপাথর তীব্র উত্তপ্ত করিয়া CO_2 প্রস্তুত করা হয়;

(খ) ইস্ট (yeast) সহযোগে শর্করা ফার্মেণ্টেশন প্রণালী (fermentation process) হইতে প্রচুর CO_2 সহোৎপন্নরূপে পাওয়া যায়।

(গ) চুল্লী নির্গত গ্যাস হইতে প্রচুর CO_2 পাওয়া যায়।

কার্বন ডায়কসাইডের ধর্ম ঃ

ভৌত ধর্ম ঃ

কার্বন ডায়কসাইড, বর্ণহীন, গন্ধহীন ও অল্প-অম্লস্বাদযুক্ত গ্যাস। CO_2 বিষাক্ত নহে, কিন্তু CO_2পূর্ণ গৃহে জীবের মৃত্যু ঘটে ; কারণ CO_2-গ্যাস বায়ু অপেক্ষা ভারী বলিয়া CO_2-গ্যাস ভেদ করিয়া শ্বাসকার্যের প্রয়োজনীয় অক্সিজেন পৌছাইতে পারে

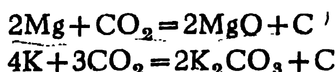
না, ফলে অক্সিজেনের অভাবে মৃত্যু ঘটে। CO_2-গ্যাস, জলে সপরিমাণে দ্রবণীয়; উচ্চ চাপে জলে ইহার দ্রাব্যতা অধিক। পানীয় সোডা-লিমনেড প্রভৃতিতে উচ্চ চাপে CO_2 দ্রবীভূত করিয়া রাখা হয়।

০° সে উষ্ণতা ও ৪০ বায়ু চাপে, CO_2 তরলীভূত হইয়া থাকে। তরল CO_2কে বাষ্পীভূত করিলে, সামান্য অংশ বাষ্পীভূত হয় ও অবশিষ্টাংশ কঠিন CO_2-রূপে পরিণত হয়। কঠিন CO_2 দেখিতে বরফের ন্যায় ও ইহার প্রচলিত নাম 'ড্রাই-আইস' (dry ice) বা 'শুষ্ক বরফ'; বা ড্রাইকোল্ড' (drikold) বলা হয়। হিমায়ন-কার্যে (refrigeration) কঠিন-CO_2 প্রচুর পরিমাণে ব্যবহৃত হয়; ইহা ব্যবহার করার একটি বিশেষ সুবিধা এই যে, ইহা কঠিন অবস্থা হইতে সোজাসুজি গ্যাসে পরিণত হয়। কঠিন-CO_2, ইথারে দ্রবণীয়; ইথার ও CO_2-এর মিশ্র, হিমমিশ্র (উষ্ণতা, − ১০০° সে)-রূপে ব্যবহৃত হয়।

রাসায়নিক ধর্ম ঃ

(১) CO_2 দাহ্য বা দহনের সহায়ক নহে। একটি CO_2 পূর্ণ গ্যাসজারে জ্বলন্ত কাঠি প্রবিষ্ট করাইলে, গ্যাসটি জ্বলে না এবং কাঠিটিও নির্বাপিত হইয়া থাকে।

জ্বলন্ত Mg, Na, K প্রভৃতি ধাতু কিন্তু CO_2-পূর্ণ গ্যাসজারে জ্বলিতে থাকে; একটি জ্বলন্ত Mg-তার, CO_2পূর্ণ গ্যাসজারে প্রবিষ্ট করাইলে দেখা যায়, Mg জ্বলে এবং গ্যাসজারটি সাদাধূমে পূর্ণ হইয়া যায় ও গ্যাসজারটির গাত্রে কালোরঙের কার্বন জমে—



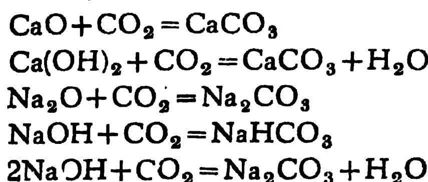
$$2Mg + CO_2 = 2MgO + C$$
$$4K + 3CO_2 = 2K_2CO_3 + C$$

(২) CO_2 জলে দ্রবণীয়, এবং জলীয় দ্রবণে কার্বনিক অ্যাসিড অম্ল উৎপন্ন করে বলিয়া ঐ দ্রবণে নীল লিটমাস গোলাপী হইয়া যায়।



$$CO_2 + H_2O = H_2CO_3$$

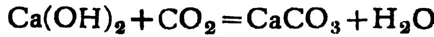
(৩) CO_2 অম্লধর্মী গ্যাস এবং উহা কঠিন ক্ষার বা ক্ষারক, অথবা ক্ষার বা ক্ষারকের দ্রবণে শোষিত হইয়া, কার্বনেট অথবা বাইকার্বনেট লবণ উৎপন্ন করে—



$$CaO + CO_2 = CaCO_3$$
$$Ca(OH)_2 + CO_2 = CaCO_3 + H_2O$$
$$Na_2O + CO_2 = Na_2CO_3$$
$$NaOH + CO_2 = NaHCO_3$$
$$2NaOH + CO_2 = Na_2CO_3 + H_2O$$

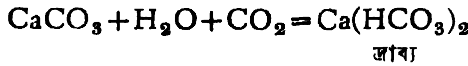
এই বিক্রিয়াগুলিতে বিক্রিয়করূপে CO_2-এর মাত্রা অধিক থাকিলে কার্বনেট (শমিত লবণ) এবং ক্ষারের মাত্রা অধিক থাকিলে বাইকার্বনেট লবণ (অর্ধ-লবণ) উৎপন্ন হয়।

(৪) CO_2 চুনের জলের সহিত বিক্রিয়ায় অদ্রাব্য $CaCO_3$ উৎপন্ন করে বলিয়া চুনের জল ঘোলা হইয়া যায়।



$$Ca(OH)_2+CO_2=CaCO_3+H_2O$$

দ্রবণটি ঘোলা হইবার পর অদ্রাব্য অতিরিক্ত CO_2 ঐ দ্রবণে যোগ করিলে দ্রাব্য ক্যালসিয়ম বাইকার্বনেট উৎপন্ন হয় বলিয়া দ্রবণটি স্বচ্ছ ও বর্ণহীন হইয়া যায়—



$$CaCO_3+H_2O+CO_2=\underset{\text{দ্রাব্য}}{Ca(HCO_3)_2}$$

এই স্বচ্ছ দ্রবণটি উত্তপ্ত করিলে, ক্যালসিয়ম বাইকার্বনেট, পুনরায় ক্যালসিয়ম কার্বনেট উৎপন্ন করে বলিয়া দ্রবণটি আবার ঘোলা হইয়া যায়—

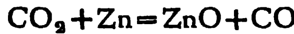


$$Ca(HCO_3)_2=CaCO_3+H_2O+CO_2$$

(৫) CO_2—উত্তপ্ত কার্বন, জিংক, লৌহ প্রভৃতির উপর চালনা করিলে, ইহা বিজারিত হইয়া কার্বন মনোক্সাইডে পরিণত হয়—



$$CO_2+C=2CO$$



$$CO_2+Zn=ZnO+CO$$

(৬) তড়িৎ-স্ফুলিংগের সাহায্যে তীব্র উত্তপ্ত করিলে, CO_2-এর বিযোজন ঘটে এবং CO ও অক্সিজেন উৎপন্ন হয়—



$$CO_2 \rightleftharpoons CO+O$$

(৭) গাছপালার সবুজ অংশে ক্লোরোফিল (Chlorophyll) নামে একটি জটিল জৈব যৌগিক থাকে; এই ক্লোরোফিল, সূর্যালোকের সান্নিধ্যে CO_2-কে বিশ্লিষ্ট করিয়া কার্বন ও অক্সিজেনে পরিণত করে। উৎপন্ন কার্বন, উদ্ভিদ্‌দেহের খাদ্যরূপে গৃহীত হয় এবং অক্সিজেন বায়ুমণ্ডলে মিশ্রিত হইয়া থাকে।

কার্বন ডায়ক্সাইডের নিরীক্ষা :

(১) কার্বন ডায়ক্সাইড জলন্ত কাঠিকে নির্বাপিত করে।
(২) কার্বন ডায়ক্সাইড চুনের জল ঘোলা করে।
(৩) কার্বন ডায়ক্সাইড বায়ু অপেক্ষা ভারী।

কার্বন ডায়ক্সাইডের ব্যবহার :

(১) পানীয় সোডাওয়াটার, লিমনেড প্রভৃতিতে CO_2 উচ্চচাপে দ্রবীভূত করিয়া ব্যবহার করা হয়। এইরূপ পানীয়কে, সাধারণতঃ মিনারেল ওয়াটার (mineral water) বা খনিজ জল বলা হয়। এইরূপ খনিজ জল হজমের বিশেষ সহায়ক ও অম্ল-নিবারক।

(২) CO_2, অগ্নিনির্বাপকরূপে ব্যবহৃত হয়। স্কুল, প্রেক্ষাগৃহ, অফিস, গ্রন্থাগার প্রভৃতিতে যে অগ্নিনির্বাপক রাখা হয়, উহার মধ্যে দুইটি প্রকোষ্ঠে পৃথক পৃথক রূপে বাইকার্বনেট ও লঘু HCl দ্রবণ থাকে; ব্যবহার-কালে, প্রকোষ্ঠ দুইটির বিক্রিয়ক একত্র হইয়া CO_2 উৎপন্ন করে ও উহা অগ্নি-নির্বাপকরূপে ক্রিয়া করে।

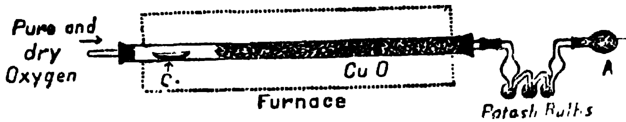
(৩) সোডিয়ম কার্বনেট, স্যালিসিলিক অ্যাসিড, হোয়াইট লেড, অ্যামোনিয়ম সালফেট প্রভৃতির শিল্পোৎপাদনে, CO_2 বিক্রিয়করূপে ব্যবহৃত হয়।

(৪) কঠিন CO_2, হিমায়ন কার্যে প্রচুর ব্যবহৃত হয়।

কার্বন ডায়কসাইডের সংযুতি ঃ

১। ওজনমাত্রিক পদ্ধতি ঃ

ওজনমাত্রিক প্রণালীতে CO_2-এর সংযুতি নির্ধারণের জন্য একটি বিশেষভাবে প্রস্তুত যন্ত্রসজ্জা ব্যবহৃত হয়। এই যন্ত্রসজ্জায় প্রথমতঃ একটি চওড়া দুইমুখ খোলা লম্বা কাঁচ-নল লওয়া হয়। এই কাঁচ-নলটির একপ্রান্ত হইতে প্রায় অর্ধাংশ CuO পূর্ণ



চিত্র ২৭—কার্বন ডায়কসাইডের সংযুতি : ডুমার প্রণালী

করিয়া ছিপিবদ্ধ করা হয়, ও ঐ প্রান্ত হইতে ছিপির মধ্যে একটি নির্গম-নলসহ কয়েকটি KOH পূর্ণ ওজন করা পটাশ গোলক (potash bulbs) রাখা হয়। পটাশ-গোলকের অপর প্রান্তটি $CaCl_2$ নলের সহিত সংযুক্ত রাখা হয়।

কাঁচ নলটির অপর প্রান্তের মধ্য দিয়া একটি পোর্সিলেন বোটে করিয়া কিছু ওজন করা বিশুদ্ধ শর্করা-অংগার অন্তর্প্রবিষ্ট করিয়া ছিপি বন্ধ করা হয় এবং ছিপির মধ্য দিয়া একটি নল যুক্ত করিয়া, নলটি সহিত বিশুদ্ধ অনার্দ্র অক্সিজেনের একটি উৎস যোগ করা হয় (চিত্র ২৭)।

পরীক্ষার প্রারম্ভে CuO পূর্ণ প্রান্তটি উত্তপ্ত করিয়া অক্সিজেনের একটি প্রবাহ অপর প্রান্ত হইতে চালনা করা হয়। কিছুক্ষণ পরে পোর্সিলেন বোটটিও উত্তপ্ত করা হয়; ফলে, পোর্সিলেন বোটের উত্তপ্ত অংগার অক্সিজেন সংযোগে CO_2 ও CO উৎপন্ন করে কিন্তু CO কপার অক্সাইডের মধ্য দিয়া চালিত হাওয়ার কালে CO_2-তে পরিণত হয়। সর্বশেষে কাঁচ-নলটির অপর প্রান্তে যুক্ত নির্গম-নল দিয়া উৎপন্ন CO_2 বহির্গত হইয়া আসে ও KOH গোলকে শোষিত হয়। CO_2 শোষণের ফলে KOH গোলকের ওজন বাড়ে ও কার্বনের দহনের ফলে বোটের ওজন কমে।

পরীক্ষা শেষে অক্সিজেন-প্রবাহ চালনা করিয়া যন্ত্রটিকে শীতল করা হয় এবং বোট ও পটাশ-গোলকের ওজন লওয়া হয়।

ধরা যাক্—

কার্বনসহ বোটের প্রথম ওজন = a গ্রাম

" " শেষ " = b "

∴ দহিত কার্বনের ওজন =(a − b) গ্রাম

এবং পটাশ-গোলকের প্রথম ওজন = c গ্রাম

" " শেষ " = d "

∴ উৎপন্ন CO_2-এর ওজন =(d − c) গ্রাম

সুতরাং, অক্সিজেনের ওজন =(d − c) − (a − b) গ্রাম

পরীক্ষার ফলে, দেখা যায়—

$$\frac{CO_2\text{-এর মধ্যে কার্বনের ওজন}}{CO_2\text{-এর মধ্যে অক্সিজেনের ওজন}} = \frac{a-b}{(d-c)-(a-b)} = \frac{৩}{৮}$$

অর্থাৎ ওজন অনুপাতে, ৩ ভাগ কার্বন, ৮ ভাগ অক্সিজেনের সহিত সংযুক্ত হইয়া কার্বন ডায়কসাইড উৎপন্ন করে।

এখন, কার্বন ডায়কসাইডের বাষ্প-ঘনত্ব = ২২

অতএব কার্বন ডায়ক্সাইডের আণবিক ভার = ৪৪

সুতরাং, কার্বন ডায়ক্সাইডের আণবিক ভারের মধ্যে—

কার্বনের বর্তমান ওজন = ৩ × ৪৪ ÷ ১১ = ১২

এবং অক্সিজেনের বর্তমান ওজন—৮ × ৪৪ ÷ ১১ = ৩২

কিন্তু কার্বনের পারমাণবিক ভার—১২ ; সুতরাং, ১২-ভাগ ওজনের কার্বন, একটি কার্বন-পরমাণুর সূচক ;

এবং অক্সিজেনের পারমাণবিক ভার—১৬, সুতরাং ৩২-ভাগ ওজনের অক্সিজেন, দুইটি অক্সিজেন-পরমাণুর সূচক ;

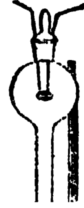
∴ কার্বন ডায়ক্সাইডের আণবিক সংকেত—CO_2

ওজনমাত্রিক এই প্রণালীটিকে ডুমার প্রণালীও বলা হয়।

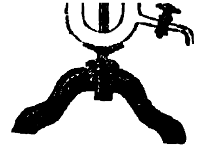
২। আয়তনমাত্রিক প্রণালী ঃ

এই প্রণালীতে, প্রথমতঃ একটি ইউ-আকৃতির গ্যাসমাপক নল (eudiometer) লওয়া হয়। নলটির একটি বাহুর প্রান্তে একটি গোলক থাকে ও অপর বাহুটি সাধারণ। গোলকটির মুখে একটি কাঁচের ছিপি ও ছিপির মধ্য দিয়া একটি তামার উজ্জ্বলন চামচ (deflagrating spoon) এবং একটি তামার তার প্রবিষ্ট করান থাকে।

তামার তার ও চামচটি গোলকের মধ্যে অন্তর্প্রবিষ্ট করিয়া, উভয়কে একটি সরু প্লাটিনাম তার দ্বারা যুক্ত করা হয়। তামার তারের ও চামচের বহিঃপ্রান্ত দুইটি বিদ্যুৎকোষে যুক্ত থাকে।



পরীক্ষার প্রারম্ভে উজ্জ্বলন চামচে এক টুকরা কাঠকয়লা লইয়া, ইউ-নলটি পারদপূর্ণ করা হয় ও পরে পারদের অপসারণ করিয়া, গোলকটি ও উহার নিম্নবর্তী কিছু অংশ অক্সিজেনের দ্বারা পূর্ণ করা হয় এবং নলের দুইটি বাহুতে পারদতল সমান করিয়া, সংগৃহীত অক্সিজেনের আয়তন লিপিবদ্ধ করা হয়। এখন ছিপির বাহিরের তার ও চামচের প্রান্ত দুইটি বিদ্যুৎ কোষে যুক্ত করিয়া তড়িৎ চালনা করা হইতে থাকে। প্রবাহিত তড়িৎ সংযোগকারী প্লাটিনাম তারকে রক্ততপ্ত করিয়া চামচটিকে উত্তপ্ত করে, এবং চামচের উপর গৃহীত কাঠকয়লা উত্তপ্ত হইয়া অক্সিজেনের সহিত যুক্ত হয় ও কার্বন ডায়কসাইড উৎপন্ন করে। (চিত্র—২৮)। পরীক্ষার শেষে তড়িৎপ্রবাহ বন্ধ করিয়া যন্ত্রটিকে শীতল করা হয়, এবং ইউনলের উভয় বাহুর পারদতল সমান করিয়া, উৎপন্ন কার্বন ডায়কসাইডের আয়তন লিপিবদ্ধ করা হয়।



চিত্র ২৮—কার্বন-ডায়কসাইডের সংযুতি : আয়তন-মাত্রিক প্রণালী

গণনা ঃ

পরীক্ষার ফলে দেখা যায়—কার্বন ডায়কসাইড উৎপন্ন হইবার পর, পারদতলের কোন পরিবর্তন হয় না; অর্থাৎ, যে পরিমাণ অক্সিজেন লওয়া হইয়াছিল, সেই পরিমাণই কার্বন ডায়কসাইড উৎপন্ন হইয়াছে।

সুতরাং সিদ্ধান্ত করা যায় যে—

১ আয়তন কার্বন ডায়কসাইডে, ১ আয়তন অক্সিজেন থাকে, ধরা যাক্, আয়তন প্রতি গ্যাসের অণু সংখ্যা $= n$ (অ্যাভোগাড্রো প্রকল্প)।

অতএব n অণু কার্বন ডায়কসাইডে, n অণু অক্সিজেন থাকে।

বা ১ " " " ১ " " "

কিন্তু অক্সিজেনের অণু দ্বি-পরমাণুক—

সুতরাং ১ অণু কার্বন ডায়কসাইডে, ২টি অক্সিজেন পরমাণু থাকে।

সুতরাং কার্বন ডায়কসাইডের স্থূল সংকেত $= CxO_2$

এখন, কার্বন ডায়কসাইডের বাষ্প ঘনত্ব $=$ ২২

সুতরাং কার্বন ডায়কসাইডের আণবিক ভার $=$ ২ $\times$ ২২ $=$ ৪৪

$CxO_2 =$ ৪৪

বা, ($x \times$ ১২ $+$ ২ $\times$ ১৬) $=$ ৪৪

বা, ১২$x =$ ১২

$\therefore x =$ ১

অতএব, কার্বন ডায়কসাইডের প্রকৃত সংকেত $= CO_2$

——০——

পঞ্চম অধ্যায় (খ)—সংযোজন

কার্বনেট ও বাইকার্বনেট লবণ ঃ

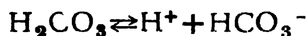
CO_2-এর জলীয় দ্রবণে নীল লিটমাস ফিকা লাল রঙ ধারণ করে; অনুমান করা যায় যে, CO_2 জলীয় দ্রবণে, মৃদু অম্ল কার্বনিক অ্যাসিড উৎপন্ন করে—



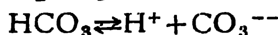
$$CO_2 + H_2O = H_2CO_3$$

কার্বনিক অ্যাসিড বিশুদ্ধাবস্থায় দ্রবণ-মুক্তরূপে, পাওয়া যায় না। দ্রবণমুক্ত করিতে গেলে উহা সহজেই CO_2 ও H_2O-রূপে বিযোজিত হয়।

কার্বনিক অ্যাসিড একটি মৃদু দ্বিক্ষারীয় অম্ল; দুইটি স্তরে উহার আয়নীভবন ঘটে—



$$H_2CO_3 \rightleftharpoons H^+ + HCO_3^-$$



$$HCO_3 \rightleftharpoons H^+ + CO_3^{--}$$

অম্লরূপে CO_2 ও কার্বনিক অ্যাসিড, ক্ষার ও ক্ষারকের সহিত দুই শ্রেণীর লবণ উৎপন্ন করে। CO_3-যৌগাংশ যুক্ত পূর্ণ লবণগুলিকে কার্বনেট লবণ এবং HCO_3^- যৌগাংশযুক্ত অর্ধ লবণগুলিকে বাই কার্বনেট লবণ বলা হয়।

প্রস্তুতি ঃ

(১) ক্ষার বা ক্ষারকের সহিত CO_2 গ্যাসের বিক্রিয়ায় কার্বনেট ও বাই কার্বনেট লবণ উৎপন্ন হয়। CO_2-এর মাত্রা কম থাকিলে কার্বনেট ও বেশী থাকিলে বাই কার্বনেট লবণ উৎপন্ন হয়—



$$CaO + CO_2 = CaCO_3$$



$$Ca(OH)_2 + CO_2 = CaCO_3 + H_2O$$



$$Ca(OH)_2 + 2CO_2 = Ca(HCO_3)_2 + H_2O$$

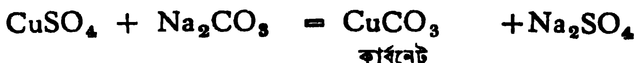


$$NaOH + CO_2 = NaHCO_3$$

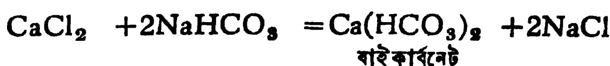


$$2NaOH + CO_2 = Na_2CO_3 + H_2O$$

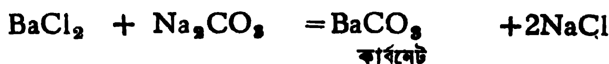
(২) দ্রাব্য ধাতব লবণের সহিত দ্রাব্য কার্বনেট বা বাইকার্বনেট লবণের বিপরিবর্ত বিক্রিয়ায়, ধাতব কার্বনেট লবণ উৎপন্ন হয়—



$$CuSO_4 + Na_2CO_3 = \underset{\text{কার্বনেট}}{CuCO_3} + Na_2SO_4$$



$$CaCl_2 + 2NaHCO_3 = \underset{\text{বাইকার্বনেট}}{Ca(HCO_3)_2} + 2NaCl$$



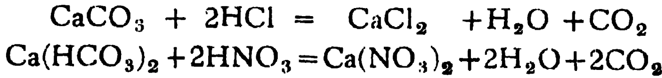
$$BaCl_2 + Na_2CO_3 = \underset{\text{কার্বনেট}}{BaCO_3} + 2NaCl$$

অ্যালুমিনিয়ম, মার্কারি প্রভৃতি ধাতু কার্বনেট লবণ উৎপন্ন করে না। সোডিয়ম পটাসিয়ম বাদে অপর ধাতব বাইকার্বনেটগুলি অস্থায়ী।

ধর্ম ঃ

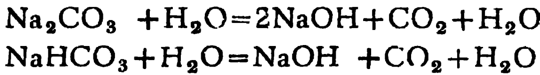
(১) অ্যালকালি বা ক্ষার ধাতুর (Na, K) কার্বনেট, ও অ্যামোনিয়ম কার্বনেট ব্যতীত, সকল ধাতব কার্বনেট জলে অদ্রাব্য। কিন্তু সকল বাইকার্বনেটই জলে দ্রাব্য।

(২) সকল কার্বনেট ও বাইকার্বনেট লবণই, অম্লের সহিত বিক্রিয়ায় বুদ্বুদাকারে CO_2 গ্যাস উৎপন্ন করে -



$$CaCO_3 + 2HCl = CaCl_2 + H_2O + CO_2$$
$$Ca(HCO_3)_2 + 2HNO_3 = Ca(NO_3)_2 + 2H_2O + 2CO_2$$

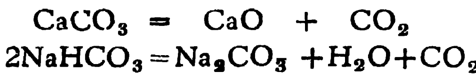
(৩) দ্রাব্য কার্বনেট ও বাইকার্বনেট লবণ, জলের সহিত আর্দ্র-বিশ্লিষ্ট হইয়া, ক্ষার উৎপন্ন করে—



$$Na_2CO_3 + H_2O = 2NaOH + CO_2 + H_2O$$
$$NaHCO_3 + H_2O = NaOH + CO_2 + H_2O$$

এই কারণে সোডিয়ম কার্বনেট বা সোডা ক্ষাররূপে কাপড়কাচা প্রভৃতিতে এবং সোডিয়ম বাইকার্বনেট মৃদুক্ষাররূপে ঔষধাদিতে ব্যবহৃত হয়।

(৪) সোডিয়ম, পটাসিয়ম ও বেরিয়ম কার্বনেট বাদে, সকল কার্বনেট ও বাই কার্বনেট লবণ উপযুক্ত উত্তাপে ধাতব-অক্সাইড ও CO_2 উদ্ভূত করে—



$$CaCO_3 = CaO + CO_2$$
$$2NaHCO_3 = Na_2CO_3 + H_2O + CO_2$$

কার্বনেট ও বাইকার্বনেট লবণের পার্থক্য ঃ

১। কার্বনেট লবণের দ্রবণ বা প্রলম্বনকে উত্তপ্ত করিলে কোন পরিবর্তন হয় না, কিন্তু বাইকার্বনেট লবণের দ্রবণকে উত্তপ্ত করিলে বুদ্বুদাকারে CO_2 গ্যাস উৎপন্ন হইতে পারে।

২। কার্বনেট লবণের দ্রবণে, দ্রাব্য ম্যাগনেসিয়ম লবণ যোগ করিলে সাদা অদ্রাব্য $MgCO_3$-এর অধঃক্ষেপ পড়ে কিন্তু বাইকার্বনেট দ্রবণের সহিত দ্রাব্য ম্যাগনেসিয়ম লবণ যোগ করিলে কোন পরিবর্তন হয় না।

——0——

পঞ্চম অধ্যায়—(গ)

কার্বন মনোকসাইড
(Carbon monoxide)

আণবিক সংকেত—CO ;   আণবিক ভার—২৮ ;   ঘনত্ব—১৪

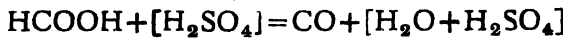
প্রাকৃতিক অস্তিত্ব ঃ

কার্বন মনোকসাইড প্রকৃতিতে অতি অল্পমাত্রায় বর্তমান থাকে। প্রধানতঃ, তামাকের ধূমে, কোল-গ্যাসে, ওয়াটার-গ্যাসে, চুল্লী-নির্গত গ্যাসে, মোটর প্রভৃতি পেট্রল-চালিত যান হইতে উৎপন্ন গ্যাস ইত্যাদিতে—কার্বন মনোকসাইড বর্তমান থাকে।

কার্বন মনোকসাইডের প্রস্তুতি ঃ

পরীক্ষাগারে কার্বন মনোকসাইডের প্রস্তুতি ঃ

(ক) পরীক্ষাগারে কার্বন মনোকসাইড, সাধারণতঃ **ফর্মিক এসিড** (Formic acid—HCOOH), বা **সোডিয়ম ফর্মেটকে** (Sodium Formate—HCOONa) গাঢ় H_2SO_4 দ্বারা উত্তপ্ত করিয়া প্রস্তুত করা হইয়া থাকে। উদ্ভূত CO, জলের নিম্নাপসারণ পদ্ধতিতে সংগৃহীত হয়।



$$HCOOH+[H_2SO_4]=CO+[H_2O+H_2SO_4]$$



$$HCOONa+H_2SO_4=NaHSO_4+H_2O+CO$$

এই প্রণালীতে CO প্রস্তুত করিলে অল্প পরিমাণে SO_2-ও উৎপন্ন হইয়া CO-এর সহিত মিশ্রিত হইয়া থাকে। উৎপন্ন CO, SO_2 হইঁতে মুক্ত করার জন্য প্রথমতঃ KOH পূর্ণ একটি উলফ্‌ বোতলের মধ্য দিয়া চালিত করিলে SO_2 শোষিত হয় এবং পরে বিশুদ্ধ CO পারদের উপর সংগ্রহ করা হয়।

(খ) অক্সালিক অ্যাসিডকে গাঢ় H_2SO_4 দ্বারা উত্তপ্ত করিলে, CO, ও CO_2 এর মিশ্র উৎপন্ন হয় ; এই মিশ্র KOH দ্রবণের মধ্য দিয়া চালিত করিলে CO_2 শোষিত হয় ও CO অবশিষ্ট থাকে। উৎপন্ন CO, একটি জলপূর্ণ গ্যাস জারে সংগ্রহ করা হয়।



$$H_2C_2O_4+[H_2SO_4]=CO+CO_2+[H_2O+H_2SO_4]$$

কার্বন ডায়কসাইড গ্যাস, রক্ততপ্ত কার্বনের উপর চালিত করিলে উহা বিজারিত হইয়া, কার্বন মনোকসাইড উৎপন্ন করে—



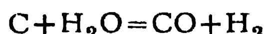
$$CO_2+C=2CO$$

জ্বলন্ত চুল্লীতে যে নীলাভ জ্বলন্ত শিখা দেখা যায়, উহা চুল্লীতে উৎপন্ন কার্বন মনোকসাইডের শিখা। চুল্লীর নিম্ন হইতে বায়ু প্রবেশ করিয়া জ্বলন্ত কয়লার সহিত প্রথমতঃ CO_2 উৎপন্ন করে ; উৎপন্ন CO_2 উপরিস্থ জ্বলন্ত কয়লার স্তরের

মধ্য দিয়া গমন কালে কার্বন মনোকসাইডে পরিণত হয় ও উহাই নীলাভ শিখা উৎপন্ন করিয়া জ্বলিতে থাকে।

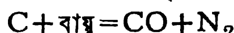
কার্বনের ন্যায়, উত্তপ্ত আয়রন, জিংক প্রভৃতি ধাতুও কার্বন ডায়কসাইডের সহিত বিক্রিয়ায়, কার্বন মনোকসাইড উৎপন্ন করে—

শ্বেততপ্ত কার্বনের উপর স্টীমের বিক্রিয়ায়, ওয়াটার গ্যাসরূপে মিশ্রাবস্থায় CO উৎপন্ন হয়—(পৃঃ ১৮০ দ্রষ্টব্য)



$$C+H_2O=CO+H_2$$

শ্বেততপ্ত কার্বনের উপর পরিমিত মাত্রায় বায়ুর বিক্রিয়ায়, প্রোডিউসার গ্যাস-রূপে মিশ্রাবস্থায় CO উৎপন্ন হয়—(পৃঃ ১৮০ দ্রষ্টব্য)



$$C+\text{বায়ু}=CO+N_2$$

কার্বন মনোকসাইডের ধর্ম ঃ

ভৌত ধর্ম ঃ

কার্বন মনোকসাইড বর্ণহীন, স্বাদহীন ও অতিমৃদুগন্ধযুক্ত গ্যাস। ইহা সহজে তরলীভূত হয় না (হিমাংক, –২০৭° ; স্ফুটনাংক—১৯২°) ইহা জলে অল্প দ্রাব্য ও বায়ুর প্রায় সমান ঘনত্ব যুক্ত। CO, একটি অতি বিষাক্ত গ্যাস।

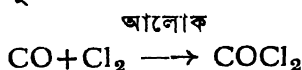
রাসায়নিক ধর্ম ঃ

(ক) কার্বন মনোকসাইড দাহ্য, কিন্তু দহনের সহায়ক নহে। কার্বন মনোক-সাইড বায়ুতে নীলাভ শিখা উৎপন্ন করিয়া জলে এবং কার্বন ডায়কসাইড গ্যাস উৎপন্ন করে—



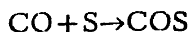
$$2CO+O_2=2CO_2$$

(খ) কার্বন মনোকসাইড একটি অপূর্ণ যৌগিক এবং ক্লোরিণ, সালফার প্রভৃতির সহিত সহজেই সংযুক্ত হয়—



$$CO+Cl_2 \xrightarrow[\text{সান্নিধ্যে}]{\text{আলোক}} COCl_2$$

ফসজিন্ (Phosgene)
বা কার্বনিল ক্লোরাইড



$$CO+S \rightarrow COS$$

কার্বনিল সালফাইড

(গ) কার্বন মনোকসাইড একটি বিজারক পদার্থ এবং এবং রক্ততপ্ত ধাতব অক্সাইড সমূহ, CO-এর সহিত বিক্রিয়ায়, ধাতুতে পরিণত হয়—



$$CuO+CO=Cu+CO_2$$



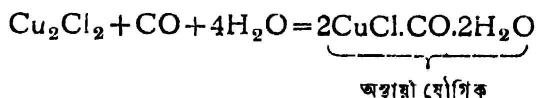
$$Fe_2O_3+3CO=2Fe+3CO_2$$

স্টীমও CO-এর সহিত বিক্রিয়ায় বিজারিত হইয়া হাইড্রোজেন উৎপন্ন করে



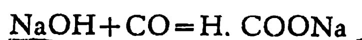
$$H_2O+CO=CO_2+H_2$$

(ঘ) কার্বন মনোকসাইড, HCl-যুক্ত বা অ্যামোনিয়া-যুক্ত কিউপ্রাস ক্লোরাইডের দ্রবণ দ্বারা শোষিত হয়। এই বিক্রিয়ার কালে কিউপ্রাস ক্লোরাইড, CO-এর সহিত একটি অস্থায়ী যৌগিক উৎপন্ন করে—

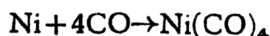

$$Cu_2Cl_2+CO+4H_2O=\underbrace{2CuCl.CO.2H_2O}_{\text{অস্থায়ী যৌগিক}}$$

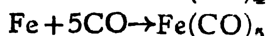
এবং ঐ অস্থায়ী যোগিকের দ্রবণটি উত্তপ্ত করিলে উহা হইতে বিশুদ্ধ CO পুনরায় উৎপন্ন হয়।

(ঙ) কার্বন মনোকসাইড একটি প্রশম অক্সাইড বলিয়া উহার সহিত ক্ষার বা অম্লের কোনো বিক্রিয়া নাই; কিন্তু কঠিন NaOH-এর উপরে CO চালনা করিলে অথবা ১৬০° সে উত্তপ্ত NaOH-দ্রবণের মধ্য দিয়া চাপ-সহযোগে CO চালনা করিলে সোডিয়ম ফর্মেট উৎপন্ন হয়—


$$NaOH+CO=H.COONa$$

(চ) কার্বন মনোক্সাইড উত্তপ্ত সূক্ষ্ম ধাতু চূর্ণের উপর চালনা করিলে উহা ধাতুগুলির সহিত **কার্বনিল** (Carbonyl) শ্রেণীর যৌগিক উৎপন্ন করে—


$$Ni+4CO \rightarrow Ni(CO)_4$$


$$Fe+5CO \rightarrow Fe(CO)_5$$

কার্বনমনোকসাইডের নিরীক্ষা ঃ

(১) কার্বন মনোকসাইড, একটি নীলাভ শিখা উৎপন্ন করিয়া জলে এবং দহনের ফলে কার্বন ডায়কসাইড উৎপন্ন হয়। উৎপন্ন কার্বন ডায়কসাইড চুণের জলকে ঘোলা করে।

(২) কার্বন মনোকসাইড, প্যালাডিয়ম ক্লোরাইড দ্রবণ প্রলিপ্ত কাগজকে, গোলাপী-সবুজ বা কালো করে।

(৩) কার্বন মনোকসাইড, অ্যামোনিয়া বা $AgNO_3$ দ্রবণকে বাদামী করে।

(৪) কার্বন মনোকসাইড, অ্যামোনিয়া বা HCl যুক্ত কিউপ্রাস ক্লোরাইড দ্রবণ দ্বারা শোষিত হয়।

কার্বন মনোকসাইডের ব্যবহার ঃ

(১) কার্বন মনোকসাইড, সোডিয়ম ফর্মেটের শিল্পোৎপাদনে, মিথাইল অ্যাল-কোহলের শিল্পোৎপাদনে এবং মিশ্রাবস্থায় ওয়াটার গ্যাস ও প্রোডিউসার গ্যাস অবস্থায় জ্বালানীরূপে ব্যবহৃত হয়।

(২) কার্বন মনোকসাইড বিজারক পদার্থরূপে বিভিন্ন ক্ষেত্রে ব্যবহৃত হয়।

(৩) কার্বন মনোকসাইড, কার্বনিল উৎপাদনের জন্য বহুল ব্যবহৃত হয়।

পঞ্চম অধ্যায় (গ)—সংযোজন

কার্বন মনোক্সাইড ও কার্বন ডায়ক্সাইডের তুলনা :

ধর্ম	CO	CO_2
১। বর্ণ	বর্ণহীন ;	বর্ণহীন
২। ঘনত্ব	বায়ুর প্রায় সমান	বায়ু অপেক্ষা বহু ভারী
৩। দাহ্যতা	দাহ্য ;	অদাহ্য ;
৪। দহনের সহায়তা	দহনের সহায়ক নহে ;	সাধারণরূপে দহনের সহায়ক নহে, কিন্তু, জ্বলন্ত Mg, Na, K প্রভৃতির দহনে সহায়তা করে ;
৫। দ্রাব্যতা	জলে অল্প দ্রাব্য	জলে দ্রাব্য ;
৬। প্রকৃতি	বিষাক্ত ;	বিষাক্ত নহে
৭। লিটমাসের উপর বিক্রিয়া	প্রশম অক্সাইড বলিয়া বিক্রিয়া নাই ;	আম্লিক-অক্সাইড বলিয়া, নীল লিটমাসকে লাল করে ;
৮। NaOH-এর সহিত বিক্রিয়া	সোডিয়ম ফর্মেট উৎপন্ন করে ;	সোডিয়ম কার্বনেট উৎপন্ন করে ;
৯। উত্তপ্ত ধাতুর সহিত বিক্রিয়া	কার্বনিল উৎপন্ন করে ;	অক্সাইড উৎপন্ন করে ;
১০। জারণ-ধর্ম	উচ্চতাপে বিজারক পদার্থরূপে ধাতব অক্সাইডকে ধাতুতে পরিণত করে ;	উচ্চতাপে জারক-পদার্থরূপে, ধাতুকে ধাতব অক্সাইডে পরিণত করে।
১১। Cl_2-এর সহিত বিক্রিয়া	সংযুক্ত হইয়া $COCl_2$ উৎপন্ন করে।	বিক্রিয়া নাই।
১২। শোষণ-ধর্ম	অ্যামোনিয়া বা HCl যুক্ত Cu_2Cl_2 দ্রবণদ্বারা শোষিত হয় ;	NaOH, KOH বা ক্ষার প্রভৃতির দ্বারা শোষিত হয়।

অনুশীলনী—৫

1. Name and describe the natural and artificial forms of Carbon. Mention their various uses. *C. U, 1925, '29, '37*

2. Give one of each crystalline and amorphous forms of Carbon and state their properties and uses.

3. Describe the preparation, properties and uses of graphite and charcoal. What is a carbon cycle? Explain briefly. Discuss some of the properties of *element-carbon.*

4. Write short notes on the following :—

(a) Water gas, (b) producer gas, (c) graphite and (d) mineral Water.

5. Describe with a neat sketch the preparation of CO_2 in the laboratory, and state its properties.

6. How is Carbon dioxide commercially prepared? State some of its properties and uses.

7. How would you determine the composition of carbon dioxide by weight and by volume, and the molecular formula of CO_2.

C. U. 1935, '43, '47.

8. How is pure and anhydrous CO prepared in the laboratory? Write down its properties and tests. *C. U. 1941, '44, '47.*

9. How do you separate CO from CO_2 in a mixture of the two? How is CO converted into CO_2 and vice versa.

10. State with equations what happens when—

(a) A piece of burning Magnesium wire is introduced into a jar of CO_2.

(b) CO_2 is passed through a tube for a long time into a beaker containinglime water

(c) CO_2 is passed through a tube into a beaker containing Na_2CO_3 solution.

(d) CO is passed under pressure to hot solution of NaOH.

(e) CO is passed through ammoniacal cuprous chloride solution and

(f) CO is passed over heated Nickel.

——0——

ষষ্ঠ অধ্যায়

'হ্যালোজেন' মৌলসমূহ

(The Halogens)

ফ্লোরিণ (Fluorine), ক্লোরিণ (Chlorine), ব্রোমিন (Bromine) এবং আয়োডিন (Iodine) এই চারিটি মৌলের পরস্পরের মধ্যে অতি নিকট সাদৃশ্য আছে এবং এই চারিটি মৌলকে একই শ্রেণীভূক্ত বলিয়া গণ্য করা হয় ও সে কারণে পর্যায়-সারণীতে উহাদের একই বর্গভূত করিয়া সন্নিবিষ্ট করা হইয়াছে।

এই চারিটি মৌলকে একত্রে '**হ্যালোজেন**' বা **লবণজান** বলা হয় (Halo —Sea salt, genas—to produce); সমুদ্র-জলকে বাষ্পীভূত করিয়া যে লবণগুলি পাওয়া যায়, উহাদের মধ্যে ক্লোরিণ, ব্রোমিন ও আয়োডিন-জাত লবণ প্রচুর পরিমাণে পাওয়া যায় বলিয়া, উহাদের ঐরূপ নামকরণ হইয়াছে।

ফ্লোরিণ, ক্লোরিণ, ব্রোমিন ও আয়োডিনের মধ্যে, ভৌতধর্মের যে ক্রমিক ও নিকট সাদৃশ্য দেখা যায়, উহা নিম্নের তালিকা হইতে স্পষ্ট বুঝা যায়—

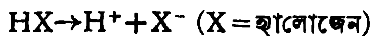
ধর্ম	F	Cl	Br	I
(১) পারমাণবিক ভার	১৯	৩৫.৪৬	৮০	১২৭
(২) পরমাণু ক্রমাংক	৯	১৭	৩৫	৫৩
(৩) ইলেকট্রন সজ্জা	২, ৭	২, ৮, ৭	২, ৮, ১৮, ৭	২, ৮, ১৮, ১৮, ৭
(৪) অবস্থা	গ্যাস	গ্যাস	তরল	কঠিন
(৫) বর্ণ	পীতাভ	সবুজ হলুদ	গাঢ়-লাল	বেগুনী
(৬) গন্ধ	অতি তীব্র	তীব্র	তীব্র	তীব্র
(৭) গলনাংক	−২১৩° সে.	−১০২° সে.	−৭.৩° সে.	১১৪° সে.
(৮) স্ফুটনাংক কঠিন বা তরলাবস্থায়	−১৮৭° সে.	−৩৩৭° সে.	৫৮.৮° সে.	১৮৩° সে.
(৯) আপেক্ষিক গুরুত্ব	১.১০৮	১.৫৫	৩.১৯	৪.৯৪
(১০) দ্রাব্যতা	জলকে বিশ্লিষ্ট করে	১৪.৬	৪১.৫	০.১৬২

উপরোক্ত তালিকা হইতে দেখা যায় যে বর্ধিত পারমাণবিক ভারের সহিত পর্য্যায়ক্রমে হ্যালোজেনগুলির বর্ণ, গন্ধ ও অন্যান্য ভৌতধর্মগুলি অনুসৃত হইয়াছে।

রাসায়নিক ধর্মের দিক দিয়াও হ্যালোজেনগুলির নিকট সাদৃশ্য লক্ষিত হয়। যথা—

(১) সকল হ্যালোজেন অতি সক্রিয় অধাতু।

(২) সকল হ্যালোজেনই হাইড্রোজেনের সহিত সংযুক্ত হইয়া তীব্র একক্ষারীয় হাইড্রাসিড অম্ল উৎপন্ন করে। হ্যালোজেন হাইড্রাসিডগুলি, সাধারণরূপে গ্যাসীয়, জলে দ্রাব্য ও জলীয় দ্রবণ-আয়নে বিয়োজিত হয়; যথা—



$$HX \rightarrow H^{+} + X^{-} \quad (X = \text{হ্যালোজেন})$$

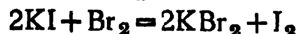
(৩) হ্যালোজেনগুলি, অতি সহজেই ধাতুগুলির সহিত বিক্রিয়া করিয়া হ্যালাইড লবণ উৎপন্ন করে। বহু অধাতুর সহিত হ্যালোজেনগুলির যৌগিক উৎপন্ন হইয়া থাকে।

(৪) হ্যালোজেনগুলি উত্তম জারক পদার্থ।

(৫) লঘুভার হ্যালোজেন, গুরুভার হ্যালোজেনের লবণ হইতে, গুরুভার হ্যালোজেনকে প্রতিস্থাপিত করে—

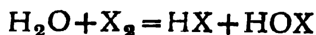


$$2KBr + Cl_2 = 2KCl + Br_2$$



$$2KI + Br_2 = 2KBr_2 + I_2$$

(৬) ফ্লোরিণ ব্যতীত সকল হ্যালোজেনই জলের সহিত বিক্রিয়ায় অ্যাসিড, ও ক্ষারের সহিত বিক্রিয়ায় লবণ উৎপন্ন করে—



$$H_2O + X_2 = HX + HOX$$



$$2KOH + X_2 = KX + KOX + H_2O$$

$$(X = Cl, Br, I)$$

অনুশীলনী- ৬

1. **What are halogens? Why are they so called?**
2. **Why the halogens are called the members of the same family? Describe in tabular form the physical and chemical properties of the halogens.**

——0——

ষষ্ঠ অধ্যায়—(ক)

ফ্লোরিণ
(Fluorine)

পরমাণু-সংকেত—F ; পারমাণবিক ভার ১৯ ; পরমাণু ক্রমাংক—৯

আবিষ্কার :

১৭৭১ খৃষ্টাব্দে শীলে ফ্লুয়োর্সপার (fluorspar) ও গাঢ় H_2SO_4-এর বিক্রিয়ায় হাইড্রোফ্লোরিক অ্যাসিড উৎপন্ন করেন। ১৮৩১ খৃষ্টাব্দে ডেভি, হাইড্রোফ্লোরিক অ্যাসিড যে হাইড্রোজেন ও ফ্লোরিণ নামক মৌলের যৌগিক, তাহা নিরূপণ করেন কিন্তু তিনি ফ্লোরিণ প্রস্তুতকল্পে বিফলকাম হন। ডেভির পরবর্তী অন্যান্য রাসায়নিকগণও ফ্লোরিণ প্রস্তুতে সক্ষম হন নাই। এই বিফলতার মূল কারণ ছিল দুইটি ; প্রথমতঃ, হাইড্রোফ্লোরিক অ্যাসিডের জলীয় দ্রবণের তড়িদ্‌বিশ্লেষে কেবলমাত্র হাইড্রোজেন ও অক্সিজেন উৎপন্ন হইত, এবং অনার্দ্র হাইড্রোফ্লোরিক অ্যাসিড অপরিবাহী বলিয়া উহার তড়িদ্‌বিশ্লেষ সম্ভবপর ছিল না।

১৮৬৯ খৃষ্টাব্দে গোর (Gore) অনার্দ্র হাইড্রোফ্লোরিক অ্যাসিডের সহিত পটাসিয়ম হাইড্রোজেন ফ্লোরাইড (KHF_2) মিশ্রিত করিয়া, উহাকে তড়িৎ পরিবাহী করিতে সক্ষম হন এবং ১৮৮৬ খৃষ্টাব্দে ময়সাঁ (Moissan), উক্ত অনার্দ্র HF ও KHF_2-এর মিশ্র, বিশেষভাবে প্রস্তুত যন্ত্রে তড়িদ্‌বিশ্লেষ করিয়া, প্রথম ফ্লোরিণ প্রস্তুত করেন।

প্রাকৃতিক অস্তিত্ব :

ফ্লোরিণ, অতি সক্রিয় বলিয়া প্রকৃতিতে মৌলাবস্থায় পাওয়া যায় না। যৌগাবস্থায় ইহা বিভিন্ন খনিজে, পাওয়া যায় ; যথা—

ফ্লুয়োর্সপার (Fluorspar)—CaF_2

ক্রায়োলাইট (Cryolite)—AlF_3, 3NaF

ফ্লুয়োর-অ্যাপাটাইট (Fluor-Apatite)—CaF_2, $2Ca_3$, $(PO_4)_2$

ইহা ছাড়া দাঁতের সাদা এনামেল-অংশে, ঝিনুকের খোলা, হাড় প্রভৃতিতে অল্পমাত্রায় ফ্লোরিণ যৌগিক থাকে।

ফ্লোরিণের প্রস্তুতি :

পূর্বে উল্লিখিত হইয়াছে যে ময়সাঁই প্রথম ফ্লোরিণ প্রস্তুত করেন। ময়সাঁর পূর্বে ফ্লোরিণ প্রস্তুতের সকল চেষ্টা বিফল হওয়ার কারণ—

(১) ফ্লোরিণ অতি-সক্রিয় মৌল, এবং সাধারণ সকল ধাতু ও অধাতুর সহিত ইহার বিক্রিয়া ঘটে।

(২) ফ্লোরিণ কাঁচ ও ধাতুপাত্রের সহিত বিক্রিয়া করে বলিয়া কাঁচ বা সাধারণ ধাতু নির্মিত কোন পাত্রে উহার প্রস্তুতি সম্ভব নহে।

(৩) ফ্লোরিণ উৎপাদনের প্রধান উৎস HF ; কিন্তু HF, অতি উদ্বায়ী বিষাক্ত পদার্থ, তদুপরি, জলীয় HF দ্রবণের তড়িদ্‌বিশ্লেষে কেবলমাত্র অক্সিজেন ও হাইড্রোজেন পাওয়া যায় (উৎপন্ন F, দ্রবণের জলের সহিত বিক্রিয়া করিয়া অক্সিজেন উৎপন্ন করে), এবং অনার্দ্র—HF তড়িৎ-অপরিবাহী বলিয়া উহার তড়িদ্‌বিশ্লেষ সম্ভব নয়।

ময়সাঁ, উপরোক্ত বাধাগুলি অতিক্রম করিয়া ফ্লোরিণ প্রস্তুতে সক্ষম হন। তিনি—

(১) অনার্দ্র HF ও KHF_2 এর তড়িৎবাহী মিশ্রকে তড়িদ-বিশ্লেষ করিয়া ফ্লোরিণ প্রস্তুত করেন ;

(২) প্লাটিনম ও ইরিডিয়ম ধাতু-সংকরে প্রস্তুত যন্ত্র ব্যবহার করেন ; এই ধাতু সংকর ফ্লোরিণের সহিত বিক্রিয়াহীন ;

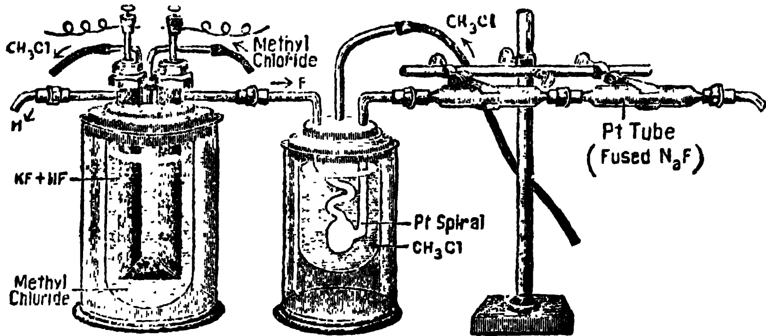
(৩) অনার্দ্র HF এর উদ্বায়ীতা রোধ করার জন্য, মিথাইল ক্লোরাইডকে (methyl chloride—CH_3Cl) হিমপ্ররূপে ব্যবহার করেন।

ময়সাঁর প্রণালী :

ময়সাঁর ফ্লোরিণ-প্রস্তুতির যন্ত্রের প্রথমাংশে প্লাটিনম-ইরিডিয়ম ধাতু-সংকরে প্রস্তুত একটি ইউ-টিউব থাকে ; ইউ-টিউবটির মধ্যের একটি বাহুতে একই ধাতু-সংকরের একটি ক্যাথোড ও অপর বাহুতে একটি অ্যানোড থাকে ; ক্যাথোড ও অ্যানোড দণ্ডগুলি, CaF_2 নির্মিত ছিপির মধ্য দিয়া ইউ-টিউবটির মধ্যে সন্নিবিষ্ট থাকে। ইউ-টিউবটির বাহু দুইটিতে যথাক্রমে দুইটি পার্শ্বনল থাকে ; ক্যাথোড-

দণ্ডযুক্ত বাহুর পার্শ্বনল দিয়া হাইড্রোজেন ও অ্যানোড নলযুক্ত বাহুর পার্শ্বনল দিয়া ফ্লোরিণ নির্গত হয়। ইউ-টিউবটিতে, অনার্দ্র HF ও KHF_2-এর একটি মিশ্র লওয়া হয়, সমগ্র ইউ-টিউবটিকে একটি মিথাইল ক্লোরাইড (স্ফুটনাংক, –২৩° সে) পূর্ণ আধারে নিমজ্জিত করিয়া শীতল রাখা হয়।

ইউ-টিউবটির অ্যানোড প্রান্তের পার্শ্বনলটির সহিত পূর্বোক্ত ধাতু-সংকর নির্মিত একটি কুণ্ডলী যুক্ত করিয়া, কুণ্ডলীটিকেও মিথাইল ক্লোরাইডে নিমজ্জিত রাখিয়া শীতল



চিত্র ২৯—ফ্লোরিণ প্রস্তুতি : ময়স্‌াঁর পদ্ধতি

করা হয়। কুণ্ডলীটির অপর প্রান্তটির সহিত একটি গলিত NaF পূর্ণ নল থাকে; নলটির অপর প্রান্তের সহিত একটি শূন্য-প্লাটিনম নির্মিত জার থাকে। (চিত্র—২৯)

এখন উপরোক্ত যন্ত্রসজ্জায় ইউ-টিউবটির মিশ্রের মধ্য দিয়া তড়িৎ চালনা করিলে অ্যানোড প্রান্তের নল দিয়া, HF মিশ্রিত ফ্লোরিণ নির্গত হয়; নির্গত ফ্লোরিণ, এবং অবশিষ্ট HF, পরবর্তী NaF-নলে শোষিত হয়। সর্বশেষে, ফ্লোরিণ বায়ুর ঊর্ধ্বাপসারণ করিয়া প্লাটিনম জারে সংগৃহীত হইতে থাকে।

ফ্লোরিণের ধর্ম :

ভৌত ধর্ম :

ফ্লোরিণ মৃদু পীতাভ বর্ণের গ্যাস। ইহার একটি তীব্র কটুগন্ধ আছে এবং ইহা অতি বিষাক্ত। ইহার গলনাংক, –২৩৩°সে ; ও, স্ফুটনাংক, –১৮৭°সে।

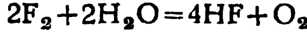
রাসায়নিক ধর্ম :

ফ্লোরিণ সর্বাধিক সক্রিয় মৌল এবং নিষ্ক্রিয় গ্যাসবর্গ ; অক্সিজেন ও নাইট্রোজেন ব্যতীত, সকল ধাতু ও অধাতুর সহিতই সাধারণ উষ্ণতায় বিক্রিয়া করে।

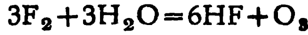
হাইড্রোজেনের সহিত ফ্লোরিণের বিক্রিয়ায় তীব্র বিস্ফোরণ ঘটে এবং HF উৎপন্ন হয় ; এমন কি অন্ধকারেও বিক্রিয়াটি ঘটিয়া থাকে।

C, S, Br, I, P, Si, B, As প্রভৃতি অধাতু মৌলগুলি; ফ্লোরিণের সহিত তীব্র বিক্রিয়ায় জ্বলিয়া উঠে।

ফ্লোরিণ জলকে বিশ্লিষ্ট করিয়া, অক্সিজেন ও ওজোন উৎপন্ন করে

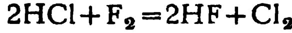


$$2F_2+2H_2O=4HF+O_2$$

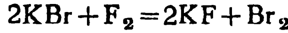


$$3F_2+3H_2O=6HF+O_3$$

ফ্লোরিণ হ্যালোজেনগুলির মধ্যে সর্বাধিক সক্রিয় বলিয়া, অপর হ্যালোজেন যৌগিক হইতে, হ্যালোজেনগুলি ফ্লোরিণ দ্বারা প্রতিস্থাপিত হয়—

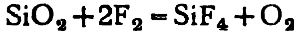


$$2HCl+F_2=2HF+Cl_2$$



$$2KBr+F_2=2KF+Br_2$$

অনার্দ্র ফ্লোরিণ, কাঁচের উপর সাধারণ উষ্ণতায় বিক্রিয়া করে না; কিন্তু অতি সামান্য মাত্রায় আর্দ্রতা বা HF থাকিলে, ফ্লোরিণ কাঁচের সহিত বিক্রিয়া করিয়া সিলিকন-টেট্রাফ্লোরাইড উৎপন্ন করে—



$$SiO_2+2F_2=SiF_4+O_2$$

ফ্লোরিণ, ক্ষার-দ্রবণের সহিত বিক্রিয়ায় F_2O উৎপন্ন করে। ফ্লোরিণ সকল জৈব-যৌগিকের সহিতই তীব্র বিক্রিয়া করিয়া, উহাদের বিশ্লিষ্ট করে।

ফ্লোরিণের ব্যবহার ঃ

১। ফ্লোরিণ, কার্বন ও হাইড্রোজেনের যৌগিকগুলির সহিত বিক্রিয়ায় 'ফ্লুরো কার্বন' নামক এক শ্রেণীর যৌগিক উৎপন্ন করে। এইগুলি, আধুনিক হিমায়ন পদার্থ (refrigerant) হিসাবে সমধিক ব্যবহৃত হইতেছে। কয়েকটি ফ্লুরোকার্বন মসৃণক (lubricant) রূপেও ব্যবহৃত হয়।

২। ফ্লোরিণ, বিভিন্ন ফ্লোরাইড প্রস্তুতিতে ব্যবহার হয়।

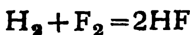
৩। ফ্লোরিণ হইতে প্রস্তুত, ফ্লোরিণ-ঘটিত কয়েকটি যৌগিক উৎকৃষ্ট কীটনাশক-রূপে ব্যবহার হয়।

হাইড্রোফ্লোরিক অ্যাসিড
(Hydrofluoric Acid)

সংকেত—HF আণবিক ভার- -২০ ঘনত্ব—১০

প্রস্তুতি ঃ

১। হাইড্রোজেন ও ফ্লোরিণের প্রত্যক্ষ সংযোগে, HF উৎপন্ন হয়—



$$H_2+F_2=2HF$$

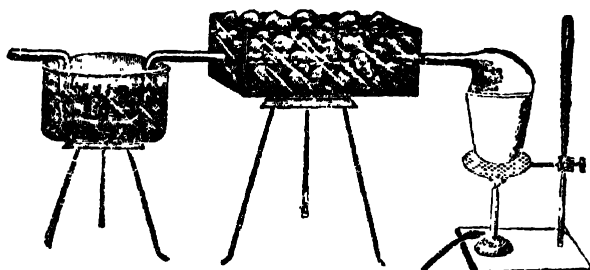
২। CaF_2 ফ্লুয়োর্সপারের উপর গাঢ় H_2SO_4-এর বিক্রিয়ায়, HF গ্যাস উৎপন্ন হয়—



$$CaF_2+H_2SO_4=CaSO_4+2HF$$

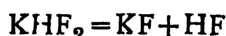
একটি লেড রিটর্টে ফ্লুয়োর্সপার চূর্ণ ও গাঢ় H_2SO_4-এর মিশ্র লইয়া উত্তপ্ত করা হয় ও উৎপন্ন গ্যাসীয় HF-কে, হিমমিশ্রে নিমজ্জিত কপার বা প্লাটিনম-নির্মিত শীতক কুণ্ডলীর মধ্য দিয়া চালনা করিলে **অনার্দ্র তরল** HF পাওয়া যায়। শীতলী-

করণের পরিবর্তে উৎপন্ন HF-কে, জলে দ্রবীভূত করিলে HF-এর জলীয় দ্রবণ পাওয়া যায়। (চিত্র ৩০)



চিত্র ৩০—হাইড্রোফ্লোরিক অ্যাসিড প্রস্তুতি

৩। অনার্দ্র, পটাসিয়ম হাইড্রোজেন ফ্লোরাইড (Potassium hydrogen fluoride) বা 'ফ্রেমির লবণকে (Fremy's salt), প্লাটিনম রিটর্টে উত্তপ্ত করিলে বিশুদ্ধ ও অনার্দ্র HF পাওয়া যায়—



$$KHF_2 = KF + HF$$

৪। উত্তপ্ত অনার্দ্র, সিলভার ফ্লোরাইডের উপর অনার্দ্র হাইড্রোজেন চালনা করিলে, অনার্দ্র HF উৎপন্ন হয়—$2AgF_2 + H_2 = 2Ag + 2HF$

ধর্ম ঃ

হাইড্রোফ্লোরিক অ্যাসিড একটি অতি উদ্বায়ী, ধূমোৎপাদক পদার্থ। ইহার স্ফুটনাংক ১৯·৫° সে. ও গলনাংক, – ৯২° সে। ইহা অতি বিষাক্ত। ইহার সান্নিধ্যে বাক্‌শক্তি নষ্ট হইয়া যায়, এবং চর্মের সংস্পর্শে ইহা দুরারোগ্য ক্ষত উৎপন্ন করে। ইহা সাধারণতঃ যুক্ত অণু (H_2F_2) উৎপন্ন করে।

HF অতিমাত্রায় সক্রিয় অ্যাসিড, এবং Na, K, Ag, Cu প্রভৃতি ধাতু ইহাতে দ্রবীভূত হয়। জৈব পদার্থের সহিত ইহার ক্রিয়া সমধিক। HF বহু ধাতব লবণের সহিত জটিল যৌগিক উৎপন্ন করে।

কাঁচ বা পোর্সিলেন HF দ্বারা প্রবলভাবে আক্রান্ত হয় ও উদ্বায়ী SiF_4 উৎপন্ন হয়; HF অতিরিক্ত থাকিলে ফ্লুয়োসিলিসিক অ্যাসিড উৎপন্ন হয়।



$$SiO_2 + 4HF = SiF_4 + 2H_2O \;;\; SiF_4 + 2HF = H_2SiF_4$$

এই কারণে HF সর্বদাই গাটাপার্চা বা মোমের বোতলে রাখা হয়।

ব্যবহার ঃ

১। কাঁচের উপর লেখার জন্য, HF প্রচুর ব্যবহৃত হয়।

২। ফ্লোরাইড লবণ তৈয়ারীর জন্য, HF ব্যবহৃত হয়।

৩। বহু জৈব-রাসায়নিক বিক্রিয়ায় HF বর্তমানে ব্যবহৃত হইতেছে।

ক্লোরিণ
(Chlorine)

পরমাণু-সংকেত—Cl ; পারমাণবিক ভার—৩৫·৪৬ ; পরমাণু ক্রমাংক—১৭

ঘনত্ব—৩৫·৪৬

আবিষ্কার ঃ

১৭৭৪ খৃষ্টাব্দে, শীলে প্রথম ক্লোরিণ প্রস্তুত করেন।

প্রাকৃতিক অস্তিত্ব ঃ

প্রকৃতিতে মৌলরূপে ক্লোরিণের অস্তিত্ব নাই, কিন্তু যৌগিকরূপে প্রচুর পরিমাণে ক্লোরাইড লবণ খনিজে ও সমুদ্রজলেও দেখিতে পাওয়া যায়। ক্লোরাইড খনিজগুলির মধ্যে রক সল্ট (Rock salt—NaCl), সিলভাইন (Sylvine—KCl), কার্ণালাইট (Carnallite—KCl, $MgCl_2$, $6H_2O$) ইত্যাদি উল্লেখযোগ্য। জীবদেহের ক্লোমরসে (gastric juice), NaCl ও HCl বর্তমান আছে।

ক্লোরিণের প্রস্তুতি ঃ

সাধারণতঃ নিম্নলিখিত প্রণালীগুলির সাহায্যে ক্লোরিণ প্রস্তুত হইয়া থাকে।

১। HCl-এর বিয়োজন, জারণ এবং তড়িদ-বিশ্লেষ।

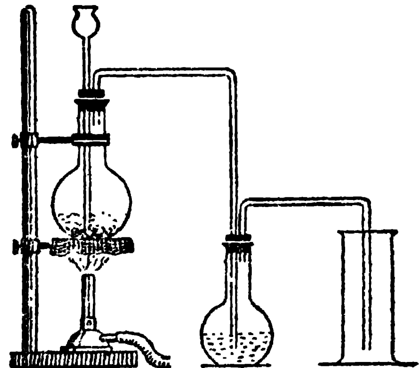
২। ধাতুর ক্লোরাইডের, তাপ বা তড়িৎ-বিশ্লেষ।

৩। হাইপোক্লোরাইট লবণের সহিত লঘু অ্যাসিডের বিক্রিয়া।

১। হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড হইতে ক্লোরিণের প্রস্তুতি ঃ

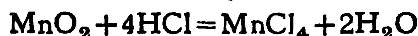
পরীক্ষাগারে ক্লোরিণের প্রস্তুতি ঃ

(ক) একটি ফ্লাস্কে MnO_2 চূর্ণ বা পাইরোলুসাইট (pyrolusite) লইয়া উহার মুখ ছিপি বন্ধ করা হইল এবং ছিপির মধ্য দিয়া একটি দীর্ঘনাল ফানেল ও একটি নির্গমনল যুক্ত করা হইল। নির্গম-নলটির অপর প্রান্ত ফ্লাস্কের একটি জলপূর্ণ ছিপির মধ্যে প্রবিষ্ট করা হইল ও ঐ ছিপির মধ্য দিয়া অপর একটি নির্গল-নল যুক্ত করিয়া নির্গম-নলটির অপর প্রান্তটি একটি শূন্য গ্যাসজারের মধ্যে স্থাপন করা হইল। এখন MnO_2-সহ প্রথম ফ্লাস্কটির মধ্যে ফানেল দিয়া গাঢ়-HCl যোগ করা হইল ও ফ্লাস্কটিকে একটি তারজালির উপর স্থাপন করিয়া একটি বুনসেন দীপের সাহায্যে উত্তপ্ত করা হইল। (চিত্র ৩১)



চিত্র ৩১—পরীক্ষাগারে ক্লোরিণ প্রস্তুতি

MnO_2 গাঢ় HCl বিক্রিয়ার ফলে Cl_2 গ্যাস উৎপন্ন করে।



$$MnO_2 + 4HCl = MnCl_4 + 2H_2O$$



$$MnCl_4 = MnCl_2 + Cl_2$$

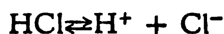


$$MnO_2 + 4HCl = MnCl_2 + 2H_2O + Cl_2$$

উৎপন্ন Cl_2, কিছু HCl-এর সহিত মিশ্রিত হইয়া নির্গম-নলপথে বাহিরে আসে ও পরে জলপূর্ণ ফ্লাস্কের মধ্যে দিয়া গমনকালে—HCl শোষিত হয় এবং Cl_2 গ্যাস নির্গম নলপথে বাহিরে আসিয়া শূন্য গ্যাসজারটিতে বায়ুর উর্ধাপসারণ করিয়া জমিতে থাকে।

উপরোক্ত প্রণালীতে, HCl এর সহিত MnO_2-এর পরিবর্তে অপর জারক পদার্থও যথা, HNO_3, $KMnO_4$, $K_2Cr_2O_7$, Pb_3O_4, $KClO_3$ প্রভৃতি ব্যবহার করিয়া Cl_2 উৎপাদন করা চলে।

(খ) HCl এর গাঢ় জলীয় দ্রবণকে, উপযুক্ত আধারে তড়িদ-বিশ্লেষ করিলে, ক্যাথোডে হাইড্রোজেন ও অ্যানোডে ক্লোরিণ উৎপন্ন হয়—



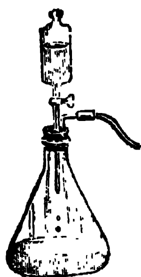
$$HCl \rightleftharpoons H^+ + Cl^-$$



$$H^+ + H^+ \rightarrow H_2 \text{ (ক্যাথোডে)}$$



$$Cl^- + Cl^- \rightarrow Cl_2 \text{ (অ্যানোডে)}$$



চিত্র ৩২

(গ) একটি নির্গম নল ও একটি বিন্দুপাতন ফানেল যুক্ত কোণাকৃতি ফ্লাস্কে কিছু পটাসিয়ম পারম্যাংগানেট কেলাস রাখিয়া, বিন্দুপাতন ফানেল হইতে বিন্দু বিন্দু গাঢ় HCl যোগ করিলে, **সাধারণ উষ্ণতায়** Cl_2 গ্যাস উদ্ভূত হয়—(চিত্র ৩২)



$$2KMnO_4 + 16HCl = 2KCl + 2MnCl_2 + 8H_2O + 5Cl_2$$

২। ক্লোরাইড হইতে ক্লোরিণ প্রস্তুতি :

(ক) পরীক্ষাগারে ক্লোরিণ প্রস্তুতির পূর্বোক্ত যন্ত্রসজ্জায়, ফ্লাস্কের মধ্যে MnO_2 ও ক্লোরাইডের মিশ্র লইয়া, দীর্ঘনালে ফানেল দ্বারা গাঢ় H_2SO_4 যোগ করিয়া, উত্তপ্ত করিলে, Cl_2 গ্যাস উদ্ভূত হয়—



$$2NaCl + 3H_2SO_4 + MnO_2 = 2NaHSO_4 + MnSO_4 + 2H_2O + Cl_2$$

(খ) Cu, Pt, Au প্রভৃতি ধাতব ক্লোরাইড উত্তাপে বিয়োজিত হইয়া ক্লোরিণ উৎপন্ন করে—



$$2CuCl_2 = Cu_2Cl_2 + Cl_2$$



$$PtCl_4 = Pt + 2Cl_2$$

(গ) দ্রাব্য ধাতব ক্লোরাইডের জলীয় দ্রবণকে তড়িদ্-বিশ্লেষ করিলে, ক্যাথোডে ধাতু ও অ্যানোডে ক্লোরিণ উদ্ভূত হয়।

৩। হাইপোক্লোরাইট হইতে ক্লোরিণ প্রস্তুতি ঃ

ব্লিচিং পাউডারকে লঘু HCl বা লঘু H_2SO_4 দ্বারা বিক্রিয়া করিলে, Cl_2 গ্যাস উদ্ভূত হয়— $Ca(OCl)Cl+2HCl=CaCl_2+H_2O+Cl_2$

ক্লোরিণের শিল্প প্রস্তুতি ঃ

ক্লোরিণের শিল্প প্রস্তুতির জন্য তিনটি প্রণালী ব্যবহৃত হয়—

১। ওয়েলডন প্রণালী (Weldon's Process)

২। ডিকন প্রণালী (Deacon's Process)

৩। তড়িদ্-বিশ্লেষ-প্রণালী (Electrolytic Process)

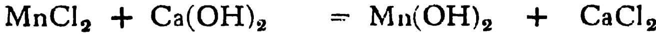
১। ওয়েলডন প্রণালী ঃ

ওয়েলডন প্রণালীতে প্রথমতঃ MnO_2 ও HCl-এর মিশ্র একটি প্রস্তর নির্মিত আধারে স্টীম নলের সাহায্যে উত্তপ্ত করিয়া Cl_2 গ্যাস উৎপন্ন করা হয়—

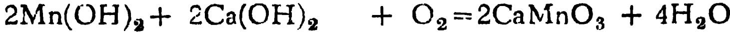


$$MnO_2+4HCl=MnCl_2+Cl_2+2H_2O$$

উৎপন্ন $MnCl_2$-এর দ্রবণকে পরে কলিচুণের ($Ca(OH)_2$) সহিত মিশ্রিত করিয়া উত্তপ্ত করিলে, প্রথমে ম্যাংগানিজ হাইড্রক্সাইড ($Mn(OH)_2$) ও পরে ক্যালসিয়ম ম্যাংগানেট উৎপন্ন হয়—

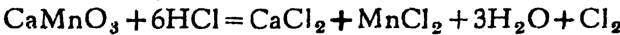


$$MnCl_2 + Ca(OH)_2 = Mn(OH)_2 + CaCl_2$$



$$2Mn(OH)_2 + 2Ca(OH)_2 + O_2 = 2CaMnO_3 + 4H_2O$$

উৎপন্ন $CaMnO_3$, কর্দমাকারে পাওয়া যায় বলিয়া, ইহাকে ওয়েলডন্-কর্দম (Weldon's Mud) বলা হয় ; এই ওয়েলডন্ কর্দমের উপর পুনরায় HCl যোগ করিলে Cl_2 গ্যাস উদ্ভূত হয়—

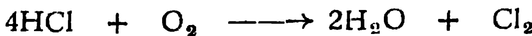


$$CaMnO_3+6HCl=CaCl_2+MnCl_2+3H_2O+Cl_2$$

এইরূপে উৎপন্ন $MnCl_2$কে বারংবার কার্যোপযোগী করিয়া HCl হইতে ক্লোরিণ উৎপন্ন করা যায়—

২। ডিকন প্রণালী ঃ

এই প্রণালীতে HCl গ্যাস ও বায়ুর মিশ্রকে, ৪০০—৫৫০° সেন্টিগ্রেডে উত্তপ্ত কিউপ্রিক ক্লোরাইড প্রভাবকের উপর চালিত করিয়া Cl_2 গ্যাস উৎপাদন করা হয়। মূলবিক্রিয়াটি নিম্নরূপ—



$$4HCl + O_2 \xrightarrow{\text{উত্তপ্ত প্রভাবক}} 2H_2O + Cl_2$$

কিন্তু সমগ্র বিক্রিয়াটি কয়েকটি স্তরে ঘটে। যথা—



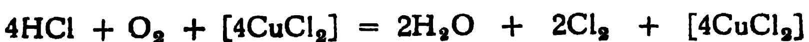
$$4CuCl_2 = 2Cu_2Cl_2 + 2Cl_2$$



$$2Cu_2Cl_2 + O_2 = 2Cu_2OCl_2$$



$$2Cu_2OCl_2 + 4HCl = 4CuCl_2 + 2H_2O$$



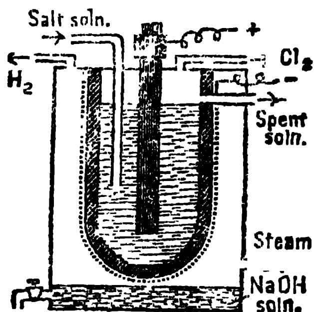
$$4HCl + O_2 + [4CuCl_2] = 2H_2O + 2Cl_2 + [4CuCl_2]$$

৩। তড়িৎ-বিশ্লেষণ প্রণালী ঃ

তড়িৎ-বিশ্লেষ প্রণালীগুলিই ক্লোরিণের শিল্প প্রস্তুতির আধুনিক, সুলভ ও সহজ-সাধ্য প্রণালী। ওয়েলডন প্রণালী ও ডিকন প্রণালীতে ক্লোরিণের শিল্পোৎপাদন এখন কার্যতঃ প্রায় অপ্রচলিত (obsolete) হইয়াছে।

তড়িৎ বিশ্লেষ প্রণালীতে ক্লোরিণের শিল্পোৎপাদন, বিভিন্ন বিশ্লেষাধারে করা হইয়া থাকে। সকলগুলিতেই তড়িৎ-বিশ্লেষের ফলে শেষ উৎপন্ন পদার্থ Cl_2 হইলেও, পরি-চালনা পদ্ধতি ও বিক্রিয়ক ভেদে এই বিভিন্ন বিশ্লেষাধারগুলি বিভিন্ন নামে প্রচলিত; যথা, **কাস্টনার-কেলনার সেল (Castner-Kellner Cell); নেলসন সেল (Nelson cell); জিব্‌স সেল (Gibbs cell); ভোর্স সেল (Vorce cell) ইত্যাদি।**

নেলসন সেলে ইস্পাত নির্মিত একটি চতুষ্কোণ ট্যাংক ও উহার মধ্যে অন্তপ্রবিষ্ট একটি ইস্পাত নির্মিত সছিদ্র ইউ-আকারের পাত্র থাকে; অর্থাৎ, সেলটির ইউ-অংশ ও উহার বহিরাংশ, দুইটি পৃথক অংশ থাকে। ইউ-অংশটিতে একটি লবণ দ্রবণ যোগ করার প্রবেশ নল ও পার্শ্বে ব্যয়িত লবণ বাহির হইবার একটি নির্গম-নল থাকে, ইউ-অংশটির উপরিভাগেও উদ্ভূত ক্লোরিণের বহির্গমনের জন্য একটি নির্গম নল থাকে।



চিত্র ৩৩—নেলসন সেল

ইউ-অংশের বহিরাংশে, উপরিভাগে হাইড্রোজেন নির্গমনের জন্য নির্গম-নল এবং নিম্নাংশের একপার্শ্বে একটি স্টীম চালনা করিবার জন্য প্রবেশ-নল ও অপর পার্শ্বে উৎপন্ন NaOH দ্রবণের নির্গমনের জন্য একটি নির্গম নল থাকে। (চিত্র—৩৩)

পরীক্ষার প্রারম্ভে, ইউ-অংশটির সছিদ্র ভিতর-দিক অ্যাসবেস্‌টস্ (asbestoes) দিয়া ঢাকিয়া দেওয়া হয় ও উহার মধ্যে প্রবেশ-নল দিয়া লবণজল যোগ করা হয়; ইউ-অংশটির মধ্যভাগে গ্রাফাইট-নির্মিত একটি দণ্ড প্রবিষ্ট করাইয়া দণ্ডটি ব্যাটারীর অ্যানোড প্রান্তে যোগ করা হয় এবং ইউ-অংশের বহির্গাত্র ক্যাথোডের সহিত যুক্ত করিয়া তড়িৎ চালনা করা হয়। তড়িৎ-চালনার সঙ্গে সঙ্গে ট্যাংকের স্টীম প্রবেশ-নল দিয়া স্টীমও চালনা করা হয়।

NaCl দ্রবণ, অ্যাস্‌বেস্‌টসের মধ্যে দিয়া ক্ষরিত হইয়া ইউ-অংশের সছিদ্র গাত্রে পৌঁছিবার সঙ্গে সঙ্গেই NaCl তড়িৎ-বিশ্লিষ্ট হইয়া, ক্যাথোডে Na ও অ্যানোডে ক্লোরিণ উৎপন্ন করে। অ্যানোডে উৎপন্ন ক্লোরিণ ইউ-অংশের নির্গম নল পথে বহির্গত হয় ও উহাকে সংগ্রহ করা হয়। ক্যাথোড-গাত্রে উৎপন্ন Na-ধাতু, স্টীমের সহিত বিক্রিয়ায়, NaCl দ্রবণ ও H_2 গ্যাস উৎপন্ন করে; NaOH দ্রবণ নীচে জমে ও উৎপন্ন H_2 নির্গম-নল পথে বাহির হইয়া যায়। সংক্ষেপে মোট বিক্রিয়াটি—

$$2NaCl + 2H_2O = Cl_2 + 2NaOH + H_2$$



ক্লোরিণের ধর্ম ঃ

ভৌত ধর্ম ঃ

ক্লোরিণ সবুজাভ-পীতবর্ণের গ্যাস। ইহার একটি তীব্র কটুগন্ধ আছে। ক্লোরিণ শ্বাসবায়ুর সহিত গৃহীত হইলে শ্লৈষ্মিক ঝিল্লী ও শ্বাসযন্ত্র বিশেষভাবে আক্রান্ত হয়। প্রথম মহাযুদ্ধের কালে ইহা বিষবাষ্প (poison gas) রূপে ব্যবহৃত হইয়াছিল।

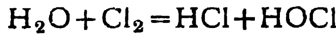
ক্লোরিণের স্ফুটনাংক, −৩৪.৫° সে. এবং গলনাংক, −১০১° সে। সহজেই ইহা তরলীভূত হয়। ইহা জলে দ্রাব্য এবং ইহার জলীয় দ্রবণকে 'ক্লোরিণ জল' (Chlorine-water) বলা হয়।

রাসায়নিক ধর্ম ঃ

ক্লোরিণ অতি সক্রিয় মৌল, H, O, N, S, P, As প্রভৃতি অধাতু ও ধাতুর সহিত ইহা সহজেই বিক্রিয়া করে। বহু জৈব পদার্থও ক্লোরিণের সহিত বিক্রিয়া করে। ইহা একটি উত্তম জারক পদার্থ, বিরঞ্জক পদার্থ ও অম্লধর্মী। অনার্দ্র-ক্লোরিণ অপেক্ষা আর্দ্র-ক্লোরিণ অধিক সক্রিয়।

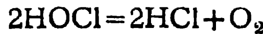
১। ক্লোরিণের সহিত জলের বিক্রিয়া ঃ

ক্লোরিণ জলে দ্রবীভূত হইয়া, হাইড্রোক্লোরিক ও হাইপোক্লোরাস অ্যাসিড নামে দুই অ্যাসিড উৎপন্ন করে—



$$H_2O + Cl_2 = HCl + HOCl$$

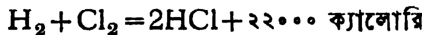
সূর্যালোকে, এই দ্রবণের HOCl বিশ্লিষ্ট হইয়া অক্সিজেন উৎপন্ন করিতে থাকে—



$$2HOCl = 2HCl + O_2$$

২। ক্লোরিণের সহিত হাইড্রোজেনের বিক্রিয়া ঃ

সামান্য আর্দ্র ক্লোরিণ H-এর সহিত বিক্রিয়ায় HCl উৎপন্ন করে ;



$$H_2 + Cl_2 = 2HCl + \text{২২০০০ ক্যালোরি}$$

বিক্রিয়াটি সূর্যালোকের সান্নিধ্যে সহজেই ঘটে। অন্ধকারে শীতল হাইড্রোজেন ও ক্লোরিণ-মিশ্রের কোন বিক্রিয়া ঘটে না। ক্লোরিণের শিখা, হাইড্রোজেনের মধ্যে দহন করিলেও, HCl উৎপন্ন হয়।

৩। ক্লোরিণের সহিত অধাতুর বিক্রিয়া ঃ

C ব্যতীত বহু-অধাতু, ক্লোরিণের সহিত বিক্রিয়ায় জলিয়া উঠে ও ক্লোরাইড উৎপন্ন করে (সাধারণতঃ, অধাতুটির বর্ধিত-যোজ্যতার ক্লোরাইডই উৎপন্ন হইয়া থাকে)—



$$2As + 3Cl_2 = 2AsCl_3$$



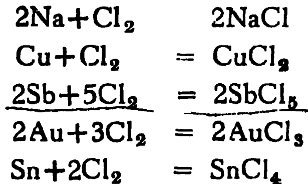
$$4P + 6Cl_2 = 4PCl_3$$



$$4P + 10Cl_2 = 4PCl_5$$

৪। ক্লোরিণের সহিত ধাতুর বিক্রিয়া ঃ

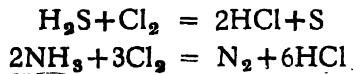
প্রায় সকল ধাতুই, ক্লোরিণের সহিত বিক্রিয়ায় ধাতব ক্লোরাইড উৎপন্ন করে। ধাতুটি সূক্ষ্ম চূর্ণাবস্থায় থাকিলে, প্রায়শঃই বিক্রিয়াকালে ধাতুটি জ্বলিয়া উঠে। এক্ষেত্রেও, ধাতুটির বর্ধিত যোজ্যতার ক্লোরাইডই বিক্রিয়া-শেষে উৎপন্ন হয়—



$$2Na+Cl_2 \quad 2NaCl$$
$$Cu+Cl_2 = CuCl_2$$
$$2Sb+5Cl_2 = 2SbCl_5$$
$$2Au+3Cl_2 = 2AuCl_3$$
$$Sn+2Cl_2 = SnCl_4$$

৫। বিভিন্ন যৌগিকের সহিত ক্লোরিণের বিক্রিয়া ঃ

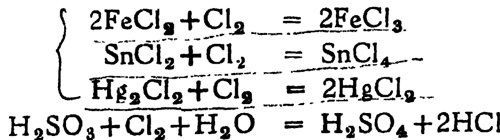
ক্লোরিণ একটি উত্তম জারক পদার্থ ও হাইড্রোজেনের উপর উহার তীব্র আসক্তি আছে। এই ধর্ম অনুযায়ী ক্লোরিণ অ্যামোনিয়াকে জারিত করিয়া—নাইট্রোজেন, H_2S-কে জারিত করিয়া—S, ইত্যাদি উৎপন্ন করে—



$$H_2S+Cl_2 = 2HCl+S$$
$$2NH_3+3Cl_2 = N_2+6HCl$$

৬। ক্লোরিণের জারণ ধর্ম-বিক্রিয়া ঃ

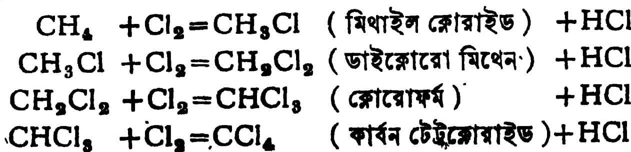
ক্লোরিণ জারক পদার্থরূপে বিভিন্ন যৌগিকের সহিত বিক্রিয়া করে এবং ধাতব লবণের সহিত বিক্রিয়ায়, ধাতুটি জারিত হইয়া উচ্চতর যোজ্যতায় উন্নীত হয়। এইরূপে Cl_2-এর সহিত বিক্রিয়ায়, ফেরাস ক্লোরাইড—ফেরিক ক্লোরাইডে, স্ট্যানস ক্লোরাইড—স্ট্যানিক ক্লোরাইডে, মার্কিউরাস ক্লোরাইড—মার্কিউরিক ক্লোরাইডে পরিণত হয়—



$$2FeCl_2+Cl_2 = 2FeCl_3$$
$$SnCl_2+Cl_2 = SnCl_4$$
$$Hg_2Cl_2+Cl_2 = 2HgCl_2$$
$$H_2SO_3+Cl_2+H_2O = H_2SO_4+2HCl$$

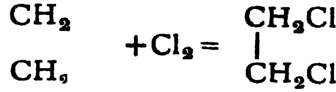
৭। জৈব যৌগিকের সহিত ক্লোরিণের বিক্রিয়ায়—

(ক) ক্লোরিণ কয়েকটি ক্ষেত্রে প্রতিস্থাপন বিক্রিয়া করে। যথা, মিথেন—মিথাইল ক্লোরাইড, ডাইক্লোরো মিথেন, ক্লোরোফর্ম ও সর্বশেষে কার্বন টেট্রাক্লোরাইড উৎপন্ন করে—



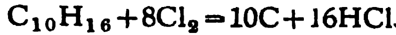
$$CH_4 + Cl_2 = CH_3Cl \text{ (মিথাইল ক্লোরাইড) } + HCl$$
$$CH_3Cl + Cl_2 = CH_2Cl_2 \text{ (ডাইক্লোরো মিথেন) } + HCl$$
$$CH_2Cl_2 + Cl_2 = CHCl_3 \text{ (ক্লোরোফর্ম) } + HCl$$
$$CHCl_3 + Cl_2 = CCl_4 \text{ (কার্বন টেট্রাক্লোরাইড) } + HCl$$

(খ) কোনো কোনো ক্ষেত্রে জৈব যৌগিক, ক্লোরিণের সহিত বিক্রিয়ায়, সংযুক্ত যৌগিক উৎপন্ন করে, যথা, ইথিলীন—ইথিলীন ডাইক্লোরাইড উৎপন্ন করে।



$$\begin{matrix} CH_2 \\ CH_2 \end{matrix} + Cl_2 = \begin{matrix} CH_2Cl \\ | \\ CH_2Cl \end{matrix}$$

(গ) কোনো কোনো ক্ষেত্রে জৈব-যৌগিকটি, ক্লোরিণের সহিত বিক্রিয়ায়, কার্বনে বিশ্লিষ্ট হয় এবং জ্বলিয়া উঠে; যথা—টার্পেণ্টাইন, ক্লোরিণ জারে প্রবিষ্ট করাইলে জ্বলিয়া উঠে ও ঘন-কালো কার্বন উৎপন্ন করে—



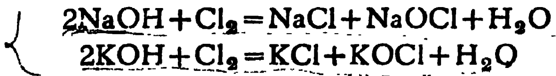
$$C_{10}H_{16} + 8Cl_2 = 10C + 16HCl.$$

(ঘ) কোনো কোনো জৈব যৌগিক, আর্দ্র ক্লোরিণের সহিত জারিত হইয়া থাকে। রঙীন জৈব-যৌগিকগুলি এইরূপে জারিত হইয়া বর্ণহীন হইয়া থাকে এবং এই ধর্মের জন্য বস্ত্রাদির বিরঞ্জনে ক্লোরিণ বিরঞ্জকরূপে ব্যবহৃত হইয়া থাকে।

৮। ক্লোরিণের সহিত ক্ষারের বিক্রিয়া :

ক্লোরিণ অম্লধর্মী গ্যাস এবং ক্ষার দ্রবণে ইহা চালিত করিলে লবণ উৎপন্ন করে।

(ক) শীতল ও লঘু ক্ষার দ্রবণের সহিত বিক্রিয়ায়, ক্লোরিণ—ক্লোরাইড ও হাইপোক্লোরাইট লবণ উৎপন্ন করে—



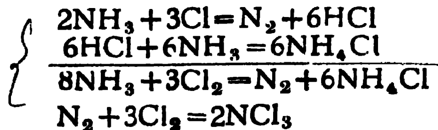
$$2NaOH + Cl_2 = NaCl + NaOCl + H_2O$$
$$2KOH + Cl_2 = KCl + KOCl + H_2O$$

(খ) গাঢ় বা উত্তপ্ত ক্ষার ও দ্রবণের সহিত বিক্রিয়ায়, ক্লোরিণ—ক্লোরেট ও ক্লোরাইড লবণ উৎপন্ন করে—



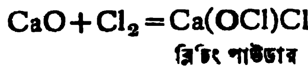
$$6NaOH + 3Cl_2 = 5NaCl + NaClO_3 + 3H_2O$$

(গ) অ্যামোনিয়া দ্রবণের সহিত ক্লোরিণের বিক্রিয়ায় অ্যামোনিয়ম ক্লোরাইড ও নাইট্রোজেন উৎপন্ন হয়। অতিরিক্ত মাত্রায় ক্লোরিন বর্তমান থাকিলে, বিস্ফোরক নাইট্রোজেন ট্রাইক্লোরাইড উৎপন্ন হয়—



$$2NH_3 + 3Cl = N_2 + 6HCl$$
$$6HCl + 6NH_3 = 6NH_4Cl$$
$$8NH_3 + 3Cl_2 = N_2 + 6NH_4Cl$$
$$N_2 + 3Cl_2 = 2NCl_3$$

(ঘ) কঠিন চুণের উপর ৪০° সে. উষ্ণতায় ক্লোরিণের বিক্রিয়ায়, ব্লিচিং পাউডার উৎপন্ন হয়—

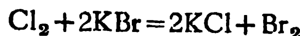


$$CaO + Cl_2 = Ca(OCl)Cl$$

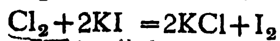
ব্লিচিং পাউডার

৯। **ক্লোরিণের সহিত অন্য হ্যালাইডের বিক্রিয়া ঃ**

ক্লোরিণ ব্যতীত অন্য হ্যালোজনের লবণের সহিত ক্লোরিণের বিক্রিয়ায় হ্যালোজেনটি ক্লোরিণ দ্বারা প্রতিস্থাপিত হয় ; এইরূপে ব্রোমাইড হইতে ব্রোমিন, আয়োডাইড হইতে আয়োডিন উৎপন্ন হয়—



$$Cl_2 + 2KBr = 2KCl + Br_2$$



$$Cl_2 + 2KI = 2KCl + I_2$$

ক্লোরিণের নিরীক্ষা ঃ

১। ক্লোরিণের পীতবর্ণ, কটুগন্ধ ও বিরঞ্জন ধর্ম হইতে উহাকে সহজে চেনা যায়।

২। ক্লোরিণ আয়োডাইড যুক্ত স্টার্চ কাগজকে, নীলবর্ণ করে।

ক্লোরিণের ব্যবহার ঃ

১। ক্লোরিণ বিরঞ্জক পদার্থরূপে—কাষ্ঠজাত, কার্পাসজাত পদার্থের বিরঞ্জনে ব্যবহৃত হয় ;

২। ক্লোরিণ, ধাতু ও অধাতু মৌলের ক্লোরাইড উৎপাদনে ব্যবহৃত হয়।

৩। ক্লোরিণ জারক পদার্থরূপে ব্যবহৃত হয়।

৪। জৈব ক্লোরিণ যৌগিকগুলি (যথা ক্লোরোফর্ম ইত্যাদি), হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড, ব্রোমিন, ব্লিচিং পাউডার, হাইপোক্লোরাইট ও ক্লোরেট প্রভৃতির শিল্পোৎপাদনে এবং পেট্রোলিয়ম পরিশোধনে, ক্লোরিণ বহুল ব্যবহৃত হয়।

৫। ক্লোরিণ, উত্তম জীবাণু নাশকরূপে পানীয় জলের বিশোধনে ব্যবহৃত হয়।

হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড
(Hydrochloric acid)

আণবিক সংকেত HCl ; আণবিক ভার—৩৬·৫, বাষ্প ঘনত্ব—১৮·২৩

পূর্বকথা ঃ

হাইড্রোক্লোরিক ও নাইট্রিক অ্যাসিডের মিশ্র অ্যাকোয়া-রিজিয়া (aqua regia) নামে, অ্যালকেমি যুগ হইতেই জ্ঞাত ছিল। বিশুদ্ধ HCl প্রথম প্রিষ্টলি কর্তৃক প্রস্তুত হয়।

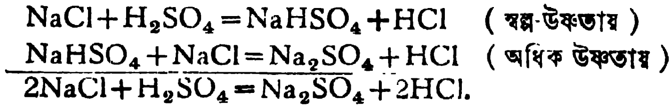
প্রাকৃতিক অস্তিত্ব ঃ

হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড আগ্নেয়গিরিজাত গ্যাসে স্বল্প পরিমাণে দেখিতে পাওয়া যায়। ইহার লবণগুলি, প্রকৃতিতে প্রচুর পরিমাণে বর্তমান থাকে (পৃঃ ২০৩ ; ক্লোরিণের প্রাকৃতিক অস্তিত্ব দ্রষ্টব্য)।

হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের প্রস্তুতি :—

১। পরীক্ষাগারে HCl-এর প্রস্তুতি ঃ

HCl উদ্বায়ী অ্যাসিড বলিয়া ইহার লবণের উপর অনুদ্বায়ী অ্যাসিডের বিক্রিয়ায় ইহা উৎপন্ন হইয়া থাকে। পরীক্ষাগারে HCl-এর প্রস্তুতির জন্য, সাধারণতঃ দীর্ঘনাল ফানেল ও নির্গম নলযুক্ত একটি ফ্লাস্কে NaCl-এর সহিত গাঢ় H_2SO_4 মিশ্রিত করিয়া উত্তপ্ত করা হয়—



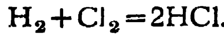
$$NaCl + H_2SO_4 = NaHSO_4 + HCl \quad \text{(স্বল্প-উষ্ণতায়)}$$
$$NaHSO_4 + NaCl = Na_2SO_4 + HCl \quad \text{(অধিক উষ্ণতায়)}$$
$$2NaCl + H_2SO_4 = Na_2SO_4 + 2HCl.$$

উৎপন্ন HCl গ্যাসকে অতঃপর গাঢ় H_2SO_4 পূর্ণ একটি ফ্লাস্কের মধ্য দিয়া চালিত করিয়া, পরে একটি শূন্য গ্যাসজারে বায়ুর উর্ধাপসরণ দ্বারা সংগ্রহ করা হয়।

HCl-গ্যাসের পরিবর্তে, HCl-এর জলীয় দ্রবণ প্রস্তুতি করিতে হইলে, গ্যাসজারের পরিবর্তে একটি জলপূর্ণ বীকারের মধ্য দিয়া HCl চালিত করিয়া দ্রবীভূত করা হয়।

২। সংশ্লেষণ পদ্ধতি দ্বারা HCl-এর পদ্ধতি ঃ

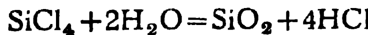
হাইড্রোজেন ও ক্লোরিণের সমপরিমাণ মিশ্রের, সূর্যালোকের সান্নিধ্যে, জ্বলন্ত Mg-শিখার সান্নিধ্যে বা উত্তাপে—সংশ্লেষণ ঘটে ও HCl-গ্যাস উৎপন্ন হয়।



$$H_2 + Cl_2 = 2HCl.$$

৩। অধাতু ক্লোরাইডের আর্দ্রবিশ্লেষে HCl-এর প্রস্তুতি ঃ

সিলিকন টেট্রাক্লোরাইডের উপর জলের বিক্রিয়ায়, বিশুদ্ধ HCl উৎপন্ন হয়—



$$SiCl_4 + 2H_2O = SiO_2 + 4HCl$$

PCl_3, $AlCl_3$, SO_2, Cl_2 প্রভৃতির আর্দ্র বিশ্লেষেও HCl উৎপন্ন হয়।

হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের শিল্প প্রস্তুতি ঃ

১। লেবল্যাংক প্রণালী (Leblanc's Process) বা সল্ট কেক (Salt-cake) প্রণালী ঃ

এই প্রণালীতে সাধারণ লবণ (NaCl) ও গাঢ় H_2SO_4-এর মিশ্র একটি লৌহ-পাত্রে চুল্লীর উপর উত্তপ্ত করিয়া (৫০০° সে.), HCl উৎপন্ন করা হয়—



$$2NaCl + H_2SO_4 = Na_2SO_4 + 2HCl$$

উৎপন্ন HCl কে কোকপূর্ণ কয়েকটি স্তম্ভে চালনা করা হয়; স্তম্ভগুলির উপর হইতে শীতল জলের ধারাপাত করিয়া প্রবিষ্ট HCl-কে শোষণ করিয়া গাঢ় HCl দ্রবণ পাওয়া যায়।

২। সংশ্লেষণ প্রণালী ঃ

আধুনিক প্রণালীতে, H_2 ও Cl_2-এর মিশ্র দহন করিয়া HCl-এর শিল্পোৎপাদন করা হইয়া থাকে।

হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের ধর্ম ঃ

হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড কটুগন্ধী, বর্ণহীন, উদ্বায়ী গ্যাস। ইহা বায়ুতে ধূমায়মান হইতে থাকে। ইহা বায়ু অপেক্ষা ভারী এবং ইহার বাষ্প ঘনত্ব ১৮'২৩ (H=১)। ইহার স্ফুটনাংক −৮৫° সে., ও গলনাংক −১১১'৪° সে.

HCl জলে দ্রাব্য ; সম্পৃক্ত HCl-দ্রবণে, HCl-এর পরিমাণ ৪৩%। HCl উত্তাপে ও তড়িৎযোগে মৌলগুলিতে বিয়োজিত হয়।

HCl-এর জলীয় দ্রবণ, তীব্রতম অম্ল ; ইহা লিটমাস দ্রবণকে লাল করে এবং দ্রবণ আয়নে বিয়োজিত হয়—



$$HCl \rightleftharpoons H^+ + Cl^-$$

অম্লরূপে HCl-এর দ্রবণ, Pb, Ag, Pt, Hg ও Au বাদে, প্রায় সকল ধাতুর সহিতই বিক্রিয়ায়, নিম্ন যোজ্যতার ধাতব ক্লোরাইড ও হাইড্রোজেন গ্যাস উৎপন্ন করে—



$$Mg + 2HCl = MgCl_2 + H_2$$

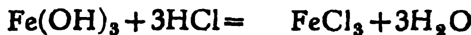


$$Zn + 2HCl = ZnCl_2 + H_2$$

অম্লরূপে, HCl-এর দ্রবণ, ক্ষার ও ক্ষারকের সহিত ক্লোরাইড লবণ উৎপন্ন করে এবং অ্যামোনিয়া গ্যাসের সহিত NH_4Cl-এর সাদা ধূম উৎপন্ন করে—



$$NaOH + HCl = NaCl + H_2O$$



$$Fe(OH)_3 + 3HCl = FeCl_3 + 3H_2O$$



$$NH_3 + HCl = NH_4Cl$$

HCl তীব্র অম্লরূপে, অপর মৃদু অম্লের লবণগুলি হইতে মৃদু অম্লগুলিকে বিচ্যুত করে ; যথা—



$$Na_2CO_3 + 2HCl = 2NaCl + H_2O + CO_2$$



$$Na_2SiO_3 + 2HCl = 2NaCl + H_2SiO_3$$



$$Na_2HPO_4 + 2HCl = 2NaCl + H_3PO_4.$$

হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড—পারম্যাংগানেট, ডাইক্রোমেট, পারক্সাইড, ম্যাংগানিজ ডায়ক্সাইড, নাইট্রিক অ্যাসিড, ক্লোরেট, পারক্লোরেট প্রভৃতি জারক পদার্থ দ্বারা জারিত হইয়া ক্লোরিণ গ্যাসে পরিণত হয়—



$$2HCl + O = H_2O + Cl_2$$

নাইট্রিক অ্যাসিডের (১ ভাগ) সহিত হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের (৩ ভাগ) মিশ্রকে 'অ্যাকোয়া-রিজিয়া' বলা হয় (পৃঃ ১৫৮ দ্রষ্টব্য)।

হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড, Pb, Ag ও Hg (মার্কিউরাস অবস্থায়)-এর ধাতব লবণগুলির অদ্রাব্য ক্লোরাইডের অধঃক্ষেপ উৎপন্ন করে।

হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের নিরীক্ষা :

১। HCl, NH_3-গ্যাসের সহিত সাদা ধূম্ররূপে NH_4Cl উৎপন্ন করে।

২। HCl উত্তপ্ত MnO_2-এর সহিত বিক্রিয়ায় Cl_2-গ্যাস উৎপন্ন করে।

৩। HCl-এর জলীয় দ্রবণ নীল-লিটমাসকে লাল করে এবং Pb, Ag ও মার্কিউরাস লবণের সহিত অদ্রাব্য সাদা-অধঃক্ষেপ উৎপন্ন করে।

হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের ব্যবহার :

১। হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড, পরীক্ষাগারে নিরীক্ষকরূপে ব্যবহৃত হয়।

২। HCl, Cl_2-গ্যাসের শিল্পোৎপাদনে, রঞ্জন-শিল্পে ও ফসফেট উৎপাদনে ব্যবহৃত হয়।

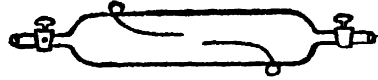
৩। HCl—ধাতব ক্লোরাইড প্রস্তুতিতে সমধিক ব্যবহৃত হয়।

৪। HCl-এর লঘু-দ্রবণ ঔষধরূপে ব্যবহৃত হয়।

হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের সংযুতি :

আয়তনমাত্রিক প্রণালী :

একটি পাত্রে গাঢ় HCl-এর তড়িদ্-বিশ্লেষণ করিয়া, H_2 ও Cl_2 গ্যাস উৎপন্ন করা হইল এবং উৎপন্ন গ্যাসগুলিকে $CaCl_2$ নলের মধ্য দিয়া চালনা করিয়া অনার্দ্র করা হইল। অনার্দ্র H_2 ও Cl_2-এর সম পরিমাণ আয়তন লইয়া একটি বিশেষভাবে প্রস্তুত নলে প্রবিষ্ট করান হইল (চিত্র ৩৪)। এই বিশেষভাবে প্রস্তুত নলটির দুই মুখে দুইটি চাবী থাকে ও উহার গাত্রের মধ্য দিয়া দুইটি তড়িদ্বাহী তার প্রবিষ্ট থাকে। H_2 ও Cl_2 প্রবিষ্ট করার পর, তার দুইটির বহিঃপ্রান্ত দুইটি, বিদ্যুৎকোষে যুক্ত করিয়া তড়িৎ-স্ফুলিঙ্গ চালনা করা হইল এবং ফলে নলটির মধ্যে হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড সৃষ্ট হইল।



চিত্র—৩৪

এখন নলটিকে শীতল করিয়া, উহার একপ্রান্ত লম্বভাবে একটি পারদ পাত্রে নিমজ্জিত করিয়া চাবী খুলিয়া দিলে দেখা গেল, নলটি হইতে কোন গ্যাস বহির্গত হইল না, বা পারদও নলটির মধ্যে উঠিল না। অতএব সিদ্ধান্ত করা যায় যে, হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড উৎপন্ন হওয়ার ফলে, নলটির মধ্যে আয়তনের সংকোচন বা প্রসারণ কিছুই ঘটে নাই।

এখন, চাবীবদ্ধ করিয়া নলটিকে পারদ পাত্র হইতে তুলিয়া একটি জলপাত্রে একপ্রান্ত নিমজ্জিত করিয়া, প্রান্তের চাবিটি খুলিয়া দিলে দেখা গেল যে, নলমধ্যস্থ গ্যাস জলে দ্রবীভূত হইয়া গেল ও সমগ্র নলটি জলে পূর্ণ হইয়া গেল। নলমধ্যস্থ উৎপন্ন জলীয় দ্রবণ যে HCl-এর দ্রবণ, উহার নিরীক্ষা স্বরূপ দেখা গেল যে উহা $AgNO_3$-দ্রবণের সহিত সাদা AgCl-এর অধঃক্ষেপ উৎপন্ন করিতেছে।

অতএব সিদ্ধান্ত করা যায় যে, ১ আয়তন হাইড্রোজেন ও ১ আয়তন ক্লোরিণের সংযোগে, ২ আয়তন হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড উৎপন্ন হয়।

গণনা ঃ

ধরা যাক, আয়তন-প্রতি গ্যাসের অণুসংখ্যা $= n$ (অ্যাভোগাড্রো-প্রকল্প)

অতএব n অণু হাইড্রোজেন $+ n$ অণু ক্লোরিণ $= 2n$ অণু হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড গ্যাস

বা, ১ অণু " + ১ অণু " = ২ অণু " "

বা, ২ পরমাণু " + ২ পরমাণু " = ২ " " "

বা, ১ " " + ১ " " = ১ " " "

সুতরাং হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের স্থূল-সংকেত $= (HCl)x$

এখন, হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের বাষ্প-ঘনত্ব = ১৮·২৩

সুতরাং, হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের আণবিক ভার—২ × ১৮·২৩ = ৩৬·৪৬

বা, $(HCl)x =$ ৩৬·৪৬

বা, (১ × ১ + ১ × ৩৫·৪৬)x = ৩৬·৪৬

বা, $x =$ ১

সুতরাং, হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের প্রকৃত সংকেত

$= HCl$.

ষষ্ঠ অধ্যায় (খ)—সংযোজন

কয়েকটি ক্লোরিণ-যৌগিক

১। সোডিয়ম ক্লোরাইড ($NaCl$) ঃ

অস্তিত্ব ঃ

সোডিয়াম ক্লোরাইড বা সাধারণ লবণ, সমুদ্রজলে ২·৬% পরিমাণে বর্তমান থাকে। খনিজরূপেও সোডিয়ম ক্লোরাইড রক-সল্ট (Rock-salt) বর্তমান থাকে। আমাদের দেশে সৈন্ধব-লবণরূপে রক্-সল্ট পাওয়া যায়।

সাধারণ প্রস্তুতি ঃ

সমুদ্রজলকে অগভীর আধারে সূর্যালোক ও বায়ুর সান্নিধ্যে ঘনীভূত করিলে উহার অন্তঃস্থ সোডিয়ম ক্লোরাইড কেলাসিত হইয়া থাকে। এই কেলাসগুলিকে সচ্ছিদ্র চামচ দ্বারা অবশিষ্ট দ্রবণ হইতে পৃথক করা হইয়া থাকে।

রক্-সল্ট হইতে $NaCl$-এর প্রস্তুতিকল্পে রক্-সল্টকে চূর্ণ করিয়া দ্রবীভূত করা হয় ও পরিস্রুত করা হয়। পরিস্রুত দ্রবণকে বাষ্পীভূত করিলে, $NaCl$-কেলাস উৎপন্ন হইয়া থাকে।

বিশুদ্ধ NaCl-এর প্রস্তুতি ঃ

১। NaCl-এর সম্পৃক্ত দ্রবণের মধ্য দিয়া HCl গ্যাস চালনা করিলে, বিশুদ্ধ NaCl-এর কেলাস উৎপন্ন হয়। উৎপন্ন NaCl-এর কেলাসকে গাঢ় HCl দ্বারা ধৌত করিয়া পরে উত্তপ্ত করিলে, অনার্দ্র NaCl-এর বিশুদ্ধ কেলাস পাওয়া যায়।

২। সোডিয়াম ও ক্লোরিণের সংশ্লেষণ-বিক্রিয়ায়, বিশুদ্ধ NaCl উৎপন্ন হয়।
$2Na + Cl_2 = 2NaCl$

ধর্ম ঃ

সোডিয়াম ক্লোরাইড বর্ণহীন, কঠিন পদার্থ। ইহার কেলাস, বর্গাকৃতি। ইহার গলনাংক ৮১৫° সে। বিশুদ্ধাবস্থায় ইহা জলাকর্ষী নয়, কিন্তু অবিশুদ্ধ অবস্থায় (বিশেষতঃ $MgCl_2$ কলুষ পদার্থ যোগে) ইহা জলাকর্ষী। সাধারণ লবণ এই কারণেই বর্ষাকালে গলিয়া জল হইয়া যায়। ইহা গাঢ় H_2SO_4-এর সহিত বিক্রিয়ায় HCl গ্যাস উৎপন্ন করে।

ব্যবহার ঃ

NaCl—(১) খাদ্যের অপরিহার্য দৈনিক উপাদানরূপে, (২) মৎস্য-মাংসাদি সংরক্ষণে, (৩) চীনামাটি ও পোর্সিলেনের এনামেলরূপে, (৪) ধাতব সোডিয়ম প্রস্তুতিতে, (৫) HCl, Na_2CO_3, NaOH, Cl_2 প্রভৃতির শিল্প প্রস্তুতিতে ব্যবহৃত হয়।

২। ব্লিচিং পাউডার (Bleaching Powder)—Ca(OCl)Cl

প্রস্তুতি ঃ

একটি বিশেষভাবে প্রস্তুত প্রকোষ্ঠের নিম্নে কলিচুণ বিস্তৃত করিয়া প্রকোষ্ঠটিতে অনার্দ্র Cl_2 গ্যাস চালনা করা হয় এবং কাষ্ঠ-তাড়নী (Wooden-Stirrer) দ্বারা মধ্যে মধ্যে আলোড়ন করা হইয়া থাকে। কলিচুণ ও Cl_2-এর বিক্রিয়ায়, ব্লিচিং পাউডার বা ক্যালসিয়ম ক্লোরোহাইপোক্লোরাইট উৎপন্ন হইয়া থাকে।



$$Ca(OH)_2 + Cl_2 = Ca(OCl)Cl + H_2O$$

প্রকোষ্ঠটির তাপ, ৪০° সেন্টিগ্রেডের মধ্যে নিয়মিত রাখা হয় এবং সমগ্র বিক্রিয়াটি ২৪—৩৬ ঘণ্টা কাল ধরিয়া চালু রাখা হয়। বিক্রিয়ার শেষে প্রকোষ্ঠে উৎপন্ন ব্লিচিং পাউডারের উপর আরেক প্রস্থ কলিচুণ মিশ্রিত করিয়া উহাকে সংগ্রহ করা হয়।

ধর্ম ঃ

ব্লিচিং পাউডার ক্লোরিণের অনুরূপ গন্ধযুক্ত একটি অনিয়তাকার, শুভ্রবর্ণের পদার্থ। উন্মুক্ত বায়ুতে রাখিলে, ইহার ক্লোরিণ অংশ বিয়োজিত হইতে থাকে।

জলের সহিত বিক্রিয়ায়, ব্লিচিং পাউডার—ক্যালসিয়ম ক্লোরাইড ও ক্যালসিয়ম হাইপোক্লোরাইট উৎপন্ন করে—

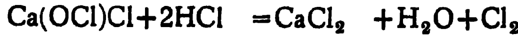


$$2Ca(OCl)Cl + H_2O = CaCl_2 + Ca(OCl)_2 + H_2O$$

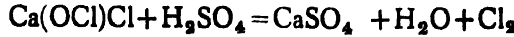
লঘু অ্যাসিডগুলির সহিত বিক্রিয়ায়, ব্লিচিং পাউডার ক্লোরিণ উৎপন্ন করে ; কেবল লঘু HCl—হাইপোক্লোরাস এসিড উৎপন্ন করে—



$$Ca(OCl)Cl + HCl = CaCl_2 + HOCl$$



$$Ca(OCl)Cl + 2HCl = CaCl_2 + H_2O + Cl_2$$



$$Ca(OCl)Cl + H_2SO_4 = CaSO_4 + H_2O + Cl_2$$

ব্যবহার ঃ

(১) ব্লিচিং পাউডার প্রধানতঃ বস্ত্রাদির বিরঞ্জনে (bleaching) ব্যবহৃত হয়।

(২) ব্লিচিং পাউডার, জীবাণুনাশক হিসাবে প্রভৃত ব্যবহৃত হয়।

ব্লিচিং পাউডার সাহায্যে বস্ত্রাদির বিরঞ্জন ঃ

প্রথম বস্ত্রটিকে সাবান বা ক্ষারের সাহায্যে চর্বি ও তৈলাদি হইতে মুক্ত করিয়া লওয়া হয়। পরে বস্ত্রটিকে ব্লিচিং পাউডারের লঘু জলীয় দ্রবণে কিছুক্ষণ ডুবাইয়া, সিক্ত বস্ত্রটি লঘু HCl বা H_2SO_4-এর দ্রবণে ডুবান হয়, ফলে উদ্ভূত Cl_2, বস্ত্রটির বিরঞ্জন করিয়া থাকে। বিরঞ্জিত বস্ত্রটিকে অতঃপর ৫% Na_2CO_3 দ্রবণে ডুবাইয়া, পরে অতিরিক্ত ক্লোরিণের দূরীকরণের জন্য কোনো ক্লোরিণ ধ্বংসী (Anti-Chlor) দ্রবণে (যথা—সোডিয়াম বাইসালফাইট, সোডিয়ম থায়োসালফেট প্রভৃতি) ডুবান হয়। সর্বশেষে বস্ত্রটিকে উত্তমরূপে জলে ধৌত করিয়া, শুষ্ক করা হয়।

ষষ্ঠ অধ্যায়—(গ)

ব্রোমিন

(Bromine)

পারমাণবিক সংকেত—Br ; পারমাণবিক ভার—৮০। পরমাণু ক্রমাংক—৩৫ ; বাষ্প ঘনত্ব—৮০

আবিষ্কার ঃ

১৮২৬ খৃষ্টাব্দে **ব্যালার্ড** (Balard) ব্রোমিন আবিষ্কার করেন।

প্রাকৃতিক অস্তিত্ব ঃ

প্রকৃতিতে ব্রোমাইড যৌগিকরূপে সমুদ্র লবণে এবং কার্ণালাইট প্রভৃতি খনিজে সামান্য পরিমাণে বর্তমান থাকে।

ব্রোমিনের প্রস্তুতি ঃ

১। পরীক্ষাগারে ব্রোমিনের প্রস্তুতি ঃ

একটি রিটর্টে পটাসিয়ম ব্রোমাইড, ম্যাংগানিজ ডায়কসাইড ও গাঢ় H_2SO_4 লইয়া ও রিটর্টের প্রান্তে একটি শীতল গ্রাহক সংলগ্ন করিয়া রিটর্টটিকে উত্তপ্ত করিলে ব্রোমিন গ্যাস উদ্ভূত হয় ; ব্রোমিন গ্যাস, শীতল গ্রাহকে তরলীভূত হইয়া রক্তবর্ণের তরল পদার্থরূপে সংগৃহীত হয়—



$$2KBr + 3H_2SO_4 + MnO_2 = 2KHSO_4 + MnSO_4 + 2H_2O + Br_2$$

২। **ব্রোমাইড হইতে ব্রোমিনের প্রস্তুতি ঃ**

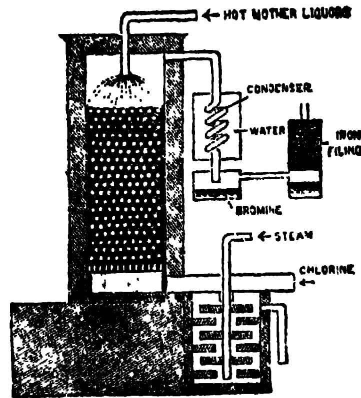
পটাসিয়ম ব্রোমাইডের দ্রবণের মধ্য দিয়া ক্লোরিণ গ্যাস চালনা করিলে, ব্রোমিন উৎপন্ন হইয়া থাকে—



$$2KBr+Cl_2=2KCl+Br_2$$

ব্রোমিনের শিল্প প্রস্তুতি ঃ

প্রাকৃতিক কার্ণালাইট খনিজের মধ্যে অল্প পরিমাণে $MgBr_2$ বর্তমান থাকে। এই কার্ণালাইটকেই ব্রোমিনের শিল্পোৎপাদনের উৎসরূপে ব্যবহার করা হয়।



চিত্র ৩৫—ব্রোমিনের শিল্প প্রস্তুতি

সংক্ষেপে, এই প্রণালীতে প্রথমে কার্ণালাইট দ্রবীভূত করিয়া দ্রবণটি ঘনীভূত করা হয় ও কেলাসিত পটাসিয়ম লবণগুলিকে পৃথক করা হয়। শেষ-দ্রবণটিতে (mother liquor) $MgBr_2$ দ্রবীভূত অবস্থায় থাকে।

অতঃপর $MgBr_2$সহ শেষ দ্রবণটিকে একটি মৃৎগোলক-পূর্ণ স্তম্ভের উপর হইতে ধারাপাত করা হয়, এবং স্তম্ভটির তলদেশ হইতে ক্লোরিণ ও ষ্টীমের মিশ্র চালনা করা হয়; স্তম্ভটির মধ্যে $MgBr_2$ ও Cl_2-এর বিক্রিয়া ঘটিয়া, ব্রোমিন উৎপন্ন হয় ও উৎপন্ন ব্রোমিন ষ্টীমের তাপে স্তম্ভটি হইতে নির্গমনল পথে গ্যাসরূপে নির্গত হইতে থাকে। এই ব্রোমিন-গ্যাসকে উপযুক্তরূপে শীতল করিলে, তরল ব্রোমিন পাওয়া যায়। (চিত্র—৩৫)

ব্রোমিনের ধর্ম ঃ

ভৌত ধর্ম ঃ

সাধারণ উষ্ণতায়, ব্রোমিন, তৈলের ন্যায় ঘন একটি গাঢ়-রক্তবর্ণ তরল পদার্থ। ইহা একমাত্র তরল অধাতু। ইহার একটি তীব্র কটুগন্ধ আছে ও ইহার গন্ধে শ্লৈষ্মিক-ঝিল্লী ও শ্বাসযন্ত্র সহজেই আক্রান্ত হয়। ইহা অতি বিষাক্ত পদার্থ, এবং চর্মের উপর পতিত হইলে দুরারোগ্য ক্ষত উৎপাদন করে। ব্রোমিন, জল ও কাঁচ অপেক্ষা ভারী; ইহার আপেক্ষিক গুরুত্ব ৩·১৮ এবং স্ফুটনাংক ৫৯° সে; ক্লোরিণের ন্যায় ইহা জলে দ্রাব্য হইয়া ব্রোমিন ওয়াটার উৎপন্ন করে। ব্রোমিন—অ্যালকোহল, ইথার, ক্লোরোফর্ম, কার্বন-ডাইসালফাইড প্রভৃতিতে সহজদ্রাব্য।

রাসায়নিক ধর্ম ঃ

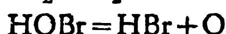
ব্রোমিনের রাসায়নিক ধর্ম ক্লোরিণেরই অনুরূপ ; প্রভেদের মধ্যে, ব্রোমিন—ক্লোরিণ অপেক্ষা কম সক্রিয়।

(১) ব্রোমিন হাইড্রোজেনের সহিত সাধারণ উষ্ণতায় বিক্রিয়া করে না ; জলন্ত হাইড্রোজেনের সহিত ব্রোমিনের বিক্রিয়ায়, হাইড্রোব্রোমিক অ্যাসিড উৎপন্ন হয়।



$$H_2+Br_2=2HBr$$

(২) ব্রোমিন জলের সহিত বিক্রিয়ায়, হাইড্রোব্রোমিক ও হাইপোব্রোমাস অ্যাসিড উৎপন্ন করে ; হাইপোব্রোমাস অ্যাসিড, HClO-এর ন্যায় আলোক সহযোগে অক্সিজেনে বিযোজিত হয়—$Br_2+H_2O=HBr+HOBr$



$$HOBr=HBr+O$$

(৩) ক্ষার-দ্রবণের সহিত সাধারণ উষ্ণতায় ব্রোমিন, ব্রোমাইড ও হাইপো-ব্রোমাইট লবণ উৎপন্ন করে—

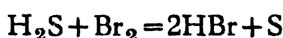


$$Br_2+2KOH=KBr+KOBr+H_2O$$

গাঢ় ক্ষার দ্রবণের সহিত অধিক উষ্ণতায়, ব্রোমিন—ব্রোমাইড ও ব্রোমেট লবণ উৎপন্ন করে— $3Br_2+6KOH=KBrO_3+5KBr+3H_2O$

(৪) ক্লোরিণের ন্যায় ব্রোমিনও বহু ধাতু ও অধাতুর সহিত বিক্রিয়া করিয়া ব্রোমাইড উৎপন্ন করে।

(৫) ব্রোমিন মৃদু-জারক পদার্থ এবং ক্লোরিণের ন্যায় ব্রোমিনও, H_2S, Na_2SO_3 প্রভৃতিকে জারিত করে।



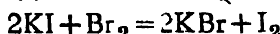
$$H_2S+Br_2=2HBr+S$$



$$Na_2SO_3+Br_2+H_2O=Na_2SO_4+2HBr$$

(৬) ব্রোমিন বহু জৈব পদার্থের সহিত ক্লোরিণের ন্যায় বিক্রিয়া করে।

(৭) ব্রোমিন, KI-দ্রবণ হইতে আয়োডিন বিমুক্ত করে—



$$2KI+Br_2=2KBr+I_2$$

(৮) ব্রোমিন একটি মৃদু বিরঞ্জক-পদার্থ।

ব্রোমিনের নিরীক্ষা ঃ

(১) ব্রোমিনের গাঢ়-রক্তবর্ণ ও তীব্র কটুগন্ধ উহার নিরীক্ষক।

(২) ব্রোমিনের সহিত স্টার্চ দ্রবণ বাদামীবর্ণ ধারণ করে।

(৩) ব্রোমিন CS_2 বা ইথারে দ্রবীভূত হইয়া পীতবর্ণ দ্রবণ উৎপন্ন করে।

ব্রোমিনের ব্যবহার ঃ

(১) ব্রোমিন—ব্রোমাইডগুলির প্রস্তুতিতে ব্যবহার হয়। সিলভার ব্রোমাইড ফটোগ্রাফীতে ও পটাসিয়ম ব্রোমাইড নিদ্রাকারী ঔষধে ব্যবহৃত হয়।

(২) ব্রোমিন জারক জীবাণুনাশক পদার্থরূপে ব্যবহৃত হয়।

(৩) ব্রোমিন বহু জৈব পদার্থ ও রঞ্জক উৎপাদনে ব্যবহৃত হয়।

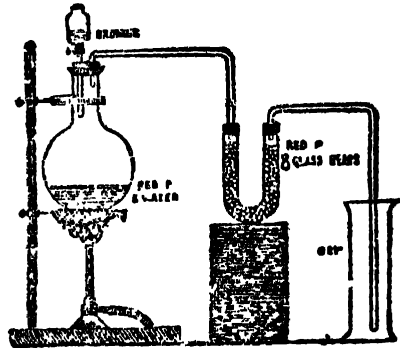
হাইড্রোব্রোমিক অ্যাসিড
(Hydrobromic acid)

আণবিক সংকেত—HBr ; আণবিক ভার—৮১ ; বাষ্প-ঘনত্ব—৪০·৫

অস্তিত্ব :—হাইড্রোব্রোমিক অ্যাসিডের লবণ বা ব্রোমাইড, কোনো কোনো খনিজে বিদ্যমান থাকে।

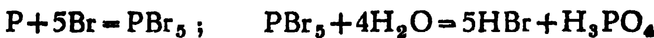
প্রস্তুতি :

১। পরীক্ষাগারে HBr-এর প্রস্তুতির জন্য, একটি ফ্লাস্কে কিছু লোহিত-ফসফোরাস ও জল লইয়া, ফ্লাস্কের মুখটি ছিপিবদ্ধ করা হয় ও ছিপির মধ্য দিয়া একটি বিন্দুপাতন ফানেল ও একটি নির্গম-নল যুক্ত করা হয়। নির্গম-নলটির অপরপ্রান্ত একটি ইউ-টিউবের এক বাহুতে প্রবিষ্ট করাইয়া, ইউ-টিউবটির অপর বাহু হইতে অপর একটি নির্গম-নল যুক্ত করা হয় এবং এই নির্গম-নলটির অপরপ্রান্ত একটি শূন্য গ্যাস জারে প্রবিষ্ট থাকে। ইউ-টিউবটি কাঁচের টুকরা ও লোহিত ফস্‌ফোরাসের টুকরা দ্বারা পূর্ণ করা হয় এবং বিন্দুপাতন ফানেলে কিছু তরল ব্রোমিন লওয়া হয়। এখন ফ্লাস্কটিকে পূর্বোক্ত যন্ত্রসজ্জাসহ একটি তারজালির উপর রাখিয়া তারজালির নিম্নে একটি বুনসেন দীপ রাখা হয়। চিত্র ৩৬)।

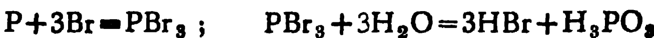


চিত্র ৩৬—হাইড্রোব্রোমিক অ্যাসিডের প্রস্তুতি

বিন্দুপাতন ফানেলের ব্রোমিন, ফ্লাস্ক-মধ্যস্থ ফস্‌ফোরাসের উপর ধীরে ধীরে যোগ করিলে, প্রথমে ফস্‌ফোরাস ব্রোমাইড ও পরে উহা জলের সহিত বিক্রিয়ায় HBr উৎপন্ন করে ; উৎপন্ন HBr, কিছু ব্রোমিনের সহিত মিশ্রিতাবস্থায় নির্গম নলপথে বাহির হয় এবং ইউ-টিউবের মধ্য দিয়া গমনকালে মিশ্রিত ব্রোমিনাংশ শোষিত হইয়া যায় ; অবশিষ্ট HBr, শূন্য গ্যাস জারে বায়ুর ঊর্ধ্বাপসারণ করিয়া সংগৃহীত হইতে থাকে। বিক্রিয়ার শেষাংশে, ফ্লাস্কটি বুনসেন দীপের সাহায্যে সামান্য উত্তপ্ত করা হয়।



$$P+5Br=PBr_5 \; ; \quad PBr_5+4H_2O=5HBr+H_3PO_4$$



$$P+3Br=PBr_3 \; ; \quad PBr_3+3H_2O=3HBr+H_3PO_3$$

হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের ন্যায় হাইড্রোব্রোমিক অ্যাসিডকে ব্রোমাইড লবণ ও গাঢ় H_2SO_4-এর বিক্রিয়ায় উৎপাদন করা যায় না। কারণ উৎপন্ন HBr বিক্রিয়ক H_2SO_4-এর সহিত বিক্রিয়ায় জারিত হইয়া Br_2 উৎপন্ন করে—



$$2KBr+2H_2SO_4=2KHSO_4+2HBr$$



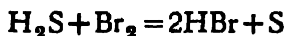
$$2HBr+H_2SO_4=Br_2+SO_2+2H_2O$$

২। H_2 ও Br_2-এর মিশ্রকে ২০০° সেন্টিগ্রেডে উত্তপ্ত প্লাটিনম-প্রভাবকের উপর দিয়া চালিত করিলে, HBr উৎপন্ন হয়—

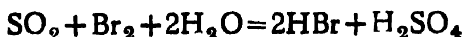


$$H_2 + Br_2 \rightleftharpoons 2HBr$$

৩। ব্রোমিন-জলে H_2S বা SO_2 চালনা করিলে HBr-এর জলীয় দ্রবণ উৎপন্ন হয়—



$$H_2S + Br_2 = 2HBr + S$$



$$SO_2 + Br_2 + 2H_2O = 2HBr + H_2SO_4$$

ধর্ম ঃ

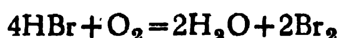
হাইড্রোব্রোমিক অ্যাসিড বর্ণহীন, ধূমায়মান, বায়ু অপেক্ষা ভারী গ্যাস। ইহার একটি তীব্র কটুগন্ধ আছে। ইহা জলে অতিমাত্রায় দ্রাব্য এবং জলীয় দ্রবণে একটি তীব্র অম্ল উৎপন্ন করে—



$$HBr \rightleftharpoons H^+ + Br^-$$

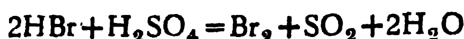
রাসায়নিক ধর্মের দিক দিয়া, HCl-এর ধর্মের সহিত HBr-এর ধর্মগুলির অতি নিকট সাদৃশ্য আছে। HCl-এর ন্যায়, HBr বহু ধাতু, ধাতব অক্সাইড ও কার্বনেটের সহিত বিক্রিয়া করে। বহু অধাতুর সহিত HBr-এর বিক্রিয়ায়, ব্রোমাইড যৌগিক উৎপন্ন হয়।

HBr-এর জলীয় দ্রবণ, সূর্যালোক ও বায়ুর সান্নিধ্যে জারিত হইয়া থাকে—

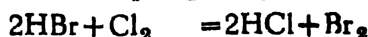


$$4HBr + O_2 = 2H_2O + 2Br_2$$

HBr, গাঢ় H_2SO_4 ও অন্যান্য জারক পদার্থের দ্বারা অতি সহজেই জারিত হয়।



$$2HBr + H_2SO_4 = Br_2 + SO_2 + 2H_2O$$



$$2HBr + Cl_2 = 2HCl + Br_2$$

HBr-এর জলীয় দ্রবণ $AgNO_3$ দ্রবণের সহিত, পীতাভ অদ্রাব্য সিলভার ব্রোমাইড লবণ উৎপন্ন করে—



$$AgNO_3 + HBr = AgBr + HNO_3$$

ব্যবহার ঃ

(১) হাইড্রোব্রোমিক অ্যাসিড জাত ব্রোমাইড লবণগুলি ফটোগ্রাফী (AgBr) ও ঔষধাদিতে (KBr ইত্যাদি) ব্যবহার হয়।

(২) HBr, জৈব রাসায়নিক বিক্রিয়ায় ব্যবহৃত হয়।

———0———

ষষ্ঠ অধ্যায়—(ঘ)

আয়োডিন
(Iodine)

পরমাণু সংকেত—I ;   পরমাণবিক ভার—১২৭   পরমাণু ক্রমাংক—৫৭

আবিষ্কার ঃ

১৮১২ খৃষ্টাব্দে কুর্তোয়া (Courtois), সামুদ্রিক উদ্ভিদভস্মকে গাঢ় H_2SO_4 সহ বিক্রিয়া করিয়া আয়োডিন আবিষ্কার করেন।

প্রাকৃতিক অস্তিত্ব ঃ

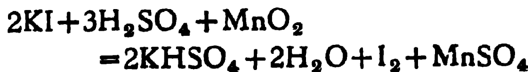
আয়োডিন মৌলাবস্থায় প্রকৃতিতে দেখিতে পাওয়া যায় না। Na, Ca ও Mg-এর আয়োডিন যৌগিক বা আইয়োডাইড প্রকৃতিতে বিভিন্ন খনিজে বর্তমান থাকে। অবিশুদ্ধ চিলি-সোরায় বা ক্যালিকে (Cacliche), সোডিয়ম নাইট্রেটের সহিত সামান্য পরিমাণে (০·২%) সোডিয়ম আয়োডেট লবণও থাকে।

বিভিন্ন সামুদ্রিক উদ্ভিদ ও সামুদ্রিক প্রাণীর দেহে আয়োডিন যৌগিক দেখা যায়। কড় মাছের যকৃত-তৈলে ও প্রাণীদেহের থাইরয়েড গ্ল্যাণ্ডে (Thyroid gland) আয়োডিন-যৌগিক বর্তমান আছে। পেট্রোলিয়ম খনিজাত লবণ-জলে এবং সমুদ্র জলেও উল্লেখযোগ্য পরিমাণে আয়োডাইড লবণ আছে।

আয়োডিনের প্রস্তুতি ঃ

১। পরীক্ষাগারে আয়োডিনের প্রস্তুতি ঃ

একটি ছিপি-বন্ধ কাঁচের রিটর্টের মধ্যে কিছু পটাসিয়ম আয়োডাইড, ম্যাংগানিজ ডায়ক্সাইড ও গাঢ় H_2SO_4-এর মিশ্র লইয়া উত্তপ্ত করিলে, আয়োডিন উৎপন্ন হইয়া উর্ধ্বপাতিত হয়; রিটর্টের প্রান্তে একটি শীতল গ্রাহক সংলগ্ন করিয়া রাখিলে উর্ধ্ব-পাতিত আয়োডিন, শীতল গ্রাহকের মধ্যে কৃষ্ণবর্ণের উজ্জ্বল কেলাসরূপে জমে—



$$2KI+3H_2SO_4+MnO_2 = 2KHSO_4+2H_2O+I_2+MnSO_4$$

২। পটাসিয়ম আয়োডাইড দ্রবণে, ক্লোরিণ, ব্রোমিন বা জারক পদার্থ যোগ করিলে, আয়োডিন বিমুক্ত হয়—



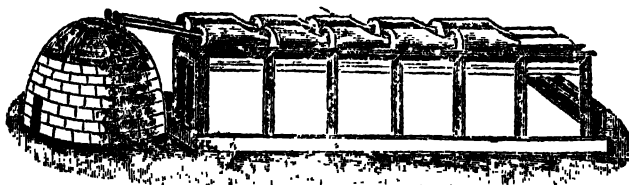
$$2KI+Cl_2=2KCl+I_2$$

আয়োডিনের শিল্প প্রস্তুতি

১। সামুদ্রিক উদ্ভিদ্ হইতে আয়োডিন উৎপাদন ঃ

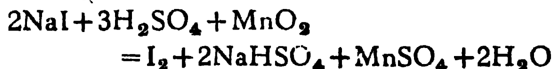
গভীর সমুদ্রজলে জাত, ল্যামিনেরিয়া (laminaria) শ্রেণীর সামুদ্রিক উদ্ভিদে উল্লেখযোগ্য পরিমাণে আয়োডিন উপাদান থাকে। এই উদ্ভিদগুলিকে সংগ্রহ করিয়া উহাদের শুষ্ক ও পরে সতর্কভাবে ভস্মীভূত করা হয়; সামুদ্রিক উদ্ভিদ ভস্মকে

'কেল্প' (Kelp) বলা হয়। কেল্পের মধ্যে ক্ষার-ধাতুর আয়োডাইড, ক্লোরাইড সালফেট প্রভৃতি থাকে।



চিত্র ৩৭—আয়োডিনের প্রস্তুতি

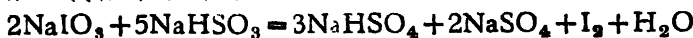
অতঃপর কেল্পকে উষ্ণজলে অনুস্রাবণ (lixiviation) করিয়া দ্রবণটিকে ঘনীভূত করিলে অপেক্ষাকৃত অল্প-দ্রাব্য সালফেট, ক্লোরাইড প্রভৃতি লবণগুলি কেলাসিত হয়, কিন্তু অধিক দ্রাব্য আয়োডাইড (ও ব্রোমাইড) লবণ শেষদ্রবে থাকিয়া যায়। শেষদ্রবটিকে থিতাইয়া উপরিস্থিত স্বচ্ছ দ্রবণটিকে গ্রহণ করা হয় ও এই দ্রবণে MnO_2 ও গাঢ় H_2SO_4 মিশ্রিত করিয়া লৌহ-রিটর্টে উত্তপ্ত করিলে আয়োডিন উৎপন্ন ও ঊর্ধ্বপাতিত হইয়া থাকে। ঊর্ধ্বপাতিত আয়োডিন ক্রমসজ্জিত মৃত্তিকা-নির্মিত শীতল গ্রাহক বা অ্যালুডেলে (aludel) সংগ্রহ করা হয় (চিত্র ৩৭)।



$$2NaI+3H_2SO_4+MnO_2$$
$$=I_2+2NaHSO_4+MnSO_4+2H_2O$$

সোডা বা ক্যালিক হইতে আয়োডিন উৎপাদন ঃ

অবিশুদ্ধ প্রাকৃতিক সোরা বা ক্যালিকে ০·২% সোডিয়ম আয়োডেট থাকে। আয়োডিন উৎপাদনের জন্য প্রথমে ক্যালিক চূর্ণকে দ্রবীভূত করা হয় ও দ্রবণটিকে কেলাসন করা হয়। অপেক্ষাকৃত অল্প-দ্রাব্য $NaNO_3$ কঠিন কেলাসরূপে পৃথক হয় কিন্তু শেষদ্রবে অধিকদ্রাব্য সোডিয়ম আয়োডেট ($NaIO_3$) থাকিয়া যায়। অতঃপর শেষদ্রবটিতে সোডিয়ম বাইসাল্ফাইট যোগ করিলে, সোডিয়ম আয়োডেট বিজারিত হইয়া কঠিন আয়োডিন উৎপন্ন করে—

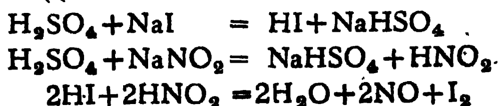


$$2NaIO_3+5NaHSO_3=3NaHSO_4+2NaSO_4+I_2+H_2O$$

উৎপন্ন আয়োডিনকে থিতাইয়া পরে আস্রাবণ করিয়া পৃথক করা হয়।

৩। পেট্রোলিয়ম খনি জাত লবণ-জল হইতে আয়োডিন উৎপাদন ঃ

আমেরিকায় এই আধুনিক প্রণালীটি উদ্ভাবিত হইয়াছে। এই প্রণালীতে পেট্রোল খনিজাত লবণ-জলকে অম্লীকৃত করিয়া সোডিয়ম নাইট্রাইট যোগ করা হয় ফলে NaI জারিত হইয়া আয়োডিন উৎপন্ন করে—



$$H_2SO_4+NaI = HI+NaHSO_4$$
$$H_2SO_4+NaNO_2= NaHSO_4+HNO_2$$
$$2HI+2HNO_2=2H_2O+2NO+I_2$$

দ্রবণে উৎপন্ন আয়োডিনকে অতঃপর, অ্যাক্টিভ চারকোল (active charcoal) দ্বারা শোষণ করিয়া, এই চারকোলকে অ্যানোডরূপে কোন তড়িৎ-বিশ্লেষাধারে স্থাপন করা হয় ও তড়িৎ-বিশ্লেষ করা হয়; চারকোল শোষিত আয়োডিন, অ্যানোডে বিমুক্ত করা হয় ও তখন উহাকে সংগ্রহ করা হয়।

আয়োডিনের ধর্ম ঃ—

ভৌত ধর্ম ঃ

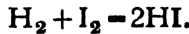
আয়োডিন কৃষ্ণবর্ণের, উজ্জ্বল, কেলাসিত কঠিন পদার্থ। ইহার গলনাংক, ১১৪.২° সে.; স্ফুটনাংক, ১৮৩° সে.; ঘনত্ব, ৪.৯৪। ইহা সামান্য উষ্ণতায়ই ঊর্ধপাতিত হইয়া থাকে ও বাষ্পাবস্থায় উহার রঙ বেগুনী। ইহার, ক্লোরিণের ন্যায় একটি তীব্র কটুগন্ধ আছে ও ইহা সহজেই শ্লৈষ্মিক-ঝিল্লী ও শ্বাসযন্ত্র আক্রান্ত করে।

আয়োডিন জলে অতি দ্রাব্য, কিন্তু KI-যুক্ত জলে ইহা সহজে দ্রাব্য। আয়োডিন, অ্যালকোহল, ইথার, এসিটোন, বেনজিন, ক্লোরোফর্ম, কার্বন ডাই-সালফাইড প্রভৃতি জৈব যৌগিকে সহজেই দ্রাব্য। আয়োডিন সাধারণতঃ I_2-অণু-রূপে থাকে, কিন্তু ৭০০° সেন্টিগ্রেডের অধিক উষ্ণতায় ইহা আয়োডিন পরমাণুতে বিয়োজিত হয়।

রাসায়নিক ধর্ম ঃ

আয়োডিন হ্যালোজেন মৌলগুলির সদৃশ ধর্ম সম্পন্ন; কিন্তু অপর হ্যালোজেন মৌলগুলির তুলনায় ইহার সক্রিয়তা কম।

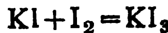
(১) আয়োডিন, হাইড্রোজেনের সহিত প্রভাবক-সান্নিধ্যে সংযুক্ত হইয়া HI উৎপন্ন করে—



$$H_2 + I_2 = 2HI.$$

(২) আয়োডিন, বহু ধাতু ও অধাতুর সহিত বিক্রিয়ায় আয়োডাইড উৎপন্ন করে; P, Hg, Fe, Zn, Sb, K, Cl, F প্রভৃতির সহিত সাধারণভাবে মিশ্রিত করিলেই ইহা সংযুক্ত যৌগিক উৎপন্ন করে।

(৩) আয়োডিন, KI-এর সহিত যুক্ত হইয়া দ্রাব্য-পটাসিয়ম ট্রাইআয়োডাইড (KI_3) উৎপন্ন করে; এইজন্য পটাসিয়ম আয়োডাইড দ্রবণে, আয়োডিন দ্রাব্য হইয়া থাকে—



$$KI + I_2 = KI_3$$

(৪) আয়োডিন, ক্ষার-দ্রবণের সহিত বিক্রিয়ায়, আয়োডাইড ও হাইপো-আয়োডাইট লবণ উৎপন্ন করে—



$$2NaOH + I_2 = NaI + NaOI + + H_2O$$

উত্তপ্ত ক্ষার-দ্রবণের সহিত আয়োডিন, আয়োডেট ও আয়োডাইট লবণ উৎপন্ন করে—



$$6NaOH + 3I_2 = NaIO_3 + 5NaI + 3H_2O$$

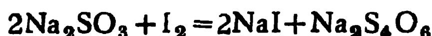
(৫) আয়োডিন একটি জারক পদার্থ এবং উহার সহিত বিক্রিয়ায় বহু পদার্থ জারিত হইয়া থাকে—


$$I_2+H_2=2HI+S$$

$$I_2+SO_2+2H_2O=H_2SO_4+2HI$$

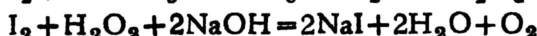
$$Na_2SO_3+I_2+H_2O=Na_2SO_4+2HI$$

(৬) আয়োডিন মাত্রিকভাবে (quantitatively), সোডিয়ম থায়োসালফেট দ্রবণের সহিত বিক্রিয়া করে ও সোডিয়ম টেট্রাথায়োনেট ও সোডিয়ম আয়োডাইড উৎপন্ন করে—


$$2Na_2SO_3+I_2=2NaI+Na_2S_4O_6$$

এই বিক্রিয়াটি, নানাদিক দিয়া বিশেষ গুরুত্বপূর্ণ।

(৭) আয়োডিন HNO_3 দ্বারা জারিত হইয়া আয়োডিক অ্যাসিডে এবং ক্ষারীয়-H_2O_2 দ্বারা জারিত হইয়া আয়োডাইড় ও অক্সিজেনে পরিণত হয়—


$$I_2+10HNO_3=2HIO_3+4H_2O+5N_2O_4$$

$$I_2+H_2O_2+2NaOH=2NaI+2H_2O+O_2$$

(৮) আয়োডিন ক্লোরিণের সহিত ICl ও ICl_3 যৌগিক উৎপন্ন করে। অন্য হ্যালোজেনের সহিতও আয়োডিনের যৌগিক উৎপন্ন হয়।

(৯) আয়োডিন, যৌগিক হইতে ক্লোরিণ দ্বারা প্রতিস্থাপিত হইলেও ($2KI+Cl_2=2KCl+I_2$) কোনো কোনো ক্লোরিণ যৌগিকের সহিত আয়োডিনের বিক্রিয়ায়, ক্লোরিণ প্রতিস্থাপিত হয়—


$$5KClO_3+3I_2+3H_2O=6HIO_3+5KCl$$

$$I_2+2HClO_3=2HIO_3+Cl_2$$

(১০) আয়োডিন স্টার্চ-দ্রবণের সহিত নীল রং উৎপন্ন করে ; অতি অল্প পরিমাণ আয়োডিনও এই বিক্রিয়া করিয়া থাকে।

আয়োডিনের নিরীক্ষা ঃ

(১) আয়োডিন ঊর্ধ্বপাতিত হয় ও উহার বাষ্পের রং বেগুনী।

(২) আয়োডিন CS_2-দ্রবণেতে দ্রবীভূত হইয়া বেগুনী দ্রবণ উৎপন্ন করে।

(৩) আয়োডিন স্টার্চ দ্রবণের সহিত নীলবর্ণ উৎপন্ন করে।

(৪) আয়োডিন NaOH ও অ্যালকোহল বা অ্যাসিটোনের সহিত পীতবর্ণযুক্ত বিশিষ্ট গন্ধের আয়ডোফর্ম উৎপন্ন করে।

আয়োডিনের ব্যবহার ঃ

(১) আয়োডিন ঔষধাদিতে ব্যবহৃত হয় ; টিঞ্চার আয়োডিন (I_2, KI, অ্যালকোহলের দ্রবণ), আয়ডোফর্ম প্রভৃতি, উৎকৃষ্ট জীবাণুনাশকরূপে বহুল পরিচিত।

(২) আয়োডিন, আয়োডাইড় লবণ উৎপাদনে ব্যবহৃত হয়।

(৩) আয়োডিন ফটোগ্রাফী ও রঞ্জক-উৎপাদনে ব্যবহার হয়।

(৪) আয়োডিন দ্রবণ, পরীক্ষাগারে মাত্রিক-বিশ্লেষণে সমধিক ব্যবহৃত হয়।

ঔষধাদিতে আয়োডিনের প্রয়োগ :

(১) আয়োডিন উৎকৃষ্ট জীবাণুনাশক রূপে টিঙ্কার আয়োডিনে ব্যবহৃত হয়।

(২) অস্থি ও পেশীর প্রদাহে, আয়োডিন ঔষধরূপে প্রয়োগ হয়।

(৩) 'থাইরয়েড গ্ল্যাণ্ড' জাত নানাবিধ রোগে, আয়োডিন উৎকৃষ্ট ঔষধ।

(৪) আয়োডিন, গলনলী ও মাড়ির উপর প্রদাহে, প্রলেপ (paint) রূপে প্রযুক্ত হয়।

(৫) দেহাভ্যন্তরের এক্স্-রে চিত্র গ্রহণে, আয়োডিন, রঞ্জকরূপে ব্যবহৃত হয়।

(৬) বহু আয়োডিন যৌগিক যথা এণ্টেরো-ভায়াফর্ম (entero vioform) উৎকৃষ্ট ঔষধ।

হাইড্রায়োডিক অ্যাসিড
(Hydroiodic acid)

আণবিক সংকেত—HI ; আণবিক ভার—১২৮ ; বাষ্প ঘনত্ব—৬৪

প্রস্তুতি :—

১। **সংশ্লেষণ পদ্ধতি :**

হাইড্রোজেন গ্যাস ও আয়োডিন বাষ্পের মিশ্র, উত্তপ্ত প্লাটিনম প্রভাবকের উপর চালনা করিলে, হাইড্রায়োডিক অ্যাসিড গ্যাস উৎপন্ন হয়—



$$H_2 + I_2 = 2HI$$

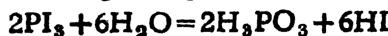
পরীক্ষাগারে হাইড্রায়োডিক অ্যাসিডের প্রস্তুতি :

হাইড্রোব্রোমিক অ্যাসিড প্রস্তুতির ন্যায় একটি যন্ত্রসজ্জা হাইড্রায়োডিক অ্যাসিড প্রস্তুতিতে ব্যবহৃত হয় (পৃঃ ২১৯, চিত্র ৩৬ দ্রষ্টব্য)

ঐ যন্ত্র সজ্জায়, ফ্লাস্কে কিছু লোহিত ফস্‌ফোরাস ও আয়োডিনের মিশ্র লইয়া, বিন্দু পাতন ফানেল হইতে বিন্দু বিন্দু জল যোগ করিলে ফ্লাস্কের মধ্যে হাইড্রায়োডিক অ্যাসিড উৎপন্ন হয়। উৎপন্ন HI কিছু আয়োডিন বাষ্পের সহিত মিশ্রিতাবস্থায়, ফ্লাস্ক হইতে নির্গম নলপথে, লোহিত ফসফোরাস ও কাঁচের টুকরা পূর্ণ ইউ-টিউবে প্রবেশ করে। ইউ-টিউবে, আয়োডিন বাষ্প শোষিত হইয়া যায়, ও অবশিষ্ট HI নির্গম নলপথে বাহির হইয়া, একটি শূন্য গ্যাসজারে বায়ুর ঊর্ধ্বাপসারণ দ্বারা সংগৃহীত হয়।



$$2P + 3I_2 \rightleftharpoons 2PI_3$$

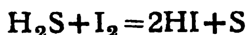


$$2PI_3 + 6H_2O = 2H_3PO_3 + 6HI$$

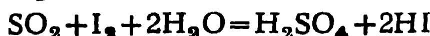
অনার্দ্র ও বিশুদ্ধ HI প্রস্তুতির প্রয়োজন হইলে, উপরোক্ত HI কে P_2O_5 দ্বারা শুষ্কীকরণ করিয়া, পারদপূর্ণ গ্যাসজারে সংগ্রহ করা হয়।

HI-এর জলীয় দ্রবণ প্রস্তুতির প্রয়োজন হইলে, উপরোক্ত HI-কে, গ্যাসজারের পরিবর্তে একটি জলপূর্ণ পাত্রে দ্রবীভূত করা হয়।

৩। H_2S বা SO_2, I_2-এর জলীয় দ্রবণে চালনা করিলে, সালফারের অধঃক্ষেপসহ জলীয় দ্রবণে HI উৎপন্ন হয়। উৎপন্ন দ্রবণটিকে পরিস্রাবণ করিয়া, পরিস্রুৎটিকে পাতন করিলে HI-এর জলীয় দ্রবণ পাওয়া যায়—



$$H_2S+I_2=2HI+S$$

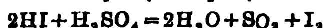


$$SO_2+I_2+2H_2O=H_2SO_4+2HI$$

আয়োডাইড লবণ ও H_2SO_4-এর বিক্রিয়ায়, HI প্রস্তুত করা যায় না। কারণ, উৎপন্ন HI, H_2SO_4-এর সহিত বিক্রিয়ায় অবিলম্বে জারিত হইয়া আয়োডিনে পরিণত হয়—



$$2NaI+H_2SO_4=Na_2SO_4+2HI$$



$$2HI+H_2SO_4=2H_2O+SO_2+I_2$$

হাইড্রায়োডিক অ্যাসিডের ধর্ম :

ভৌত-ধর্ম :

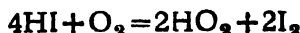
হাইড্রায়োডিক অ্যাসিড বায়ু অপেক্ষা ভারী, বর্ণহীন ও কটুগন্ধী গ্যাস। ইহা আর্দ্র বাতাসে ধূমায়মান হইতে থাকে। ইহা জলে অত্যন্ত দ্রবণীয়। ইহা 0° সে. উষ্ণতায় ও ৪—বায়ুচাপে তরলীভূত হইয়া থাকে।

(১) হাইড্রায়োডিক অ্যাসিড উত্তাপ ও আলোকের সান্নিধ্যে উপাদান মৌল গুলিতে স্বতঃ বিয়োজিত হইয়া থাকে—



$$2HI \rightleftharpoons H_2+I_2$$

(২) বায়ু বা অক্সিজেনের সহিত মিশ্রিতাবস্থায়, HI আয়োডিনে দ্রুত বিয়োজিত হইতে থাকে বলিয়া, বায়ুতে উন্মুক্ত হাইড্রায়োডিক অ্যাসিডের দ্রবণ বাদামীবর্ণ ধারণ করে—



$$4HI+O_2=2HO_2+2I_2$$

(৩) HI-এর জলীয় দ্রবণ তীব্র, অম্লরূপে, H^+, আয়নে বিয়োজিত হইতে থাকে—



$$HI \rightleftharpoons H^++I^-$$

তীব্র অম্লরূপে, HI গ্যাস, ক্ষার ও ক্ষারককে প্রশমিত করিয়া আয়োডাইড শ্রেণীর লবণ উৎপন্ন করে—



$$KOH+HI=KI+H_2O$$

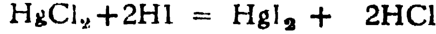
(৪) দ্রাব্য ধাতব লবণের সহিত HI, আয়োডাইড লবণ উৎপন্ন করে। লেড, মার্কিউরাস, মার্কিউরিক, কিউপ্রাস ও সিলভার লবণের সহিত, হাইড্রায়োডিক অ্যাসিড অদ্রাব্য আয়োডাইড অধঃক্ষেপ উৎপন্ন করে—



$$AgNO_3 + HI = AgI + HNO_3$$

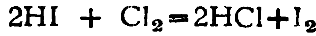


$$Pb(NO_3)_2 + 2HI = PbI_2 + 2HNO_3$$

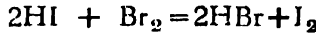


$$HgCl_2 + 2HI = HgI_2 + 2HCl$$

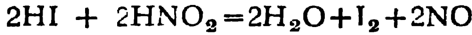
(৫) HI স্বতঃই হাইড্রোজেন ও আয়োডিনে দ্রুত বিয়োজিত হয় বলিয়া, HI একটি উত্তম বিজারক পদার্থ; Cl, Br, নাইট্রাস অ্যাসিড, ফেরিক ও কিউপ্রিক লবণ, হাইড্রোজেন পারক্সাইড, ওজোন, নাইট্রিক অ্যাসিড, পটাসিয়ম ডাইক্রোমেট, পটাসিয়ম পারম্যাংগানেট প্রভৃতি, HI-এর দ্বারা সহজেই বিজারিত হয়—



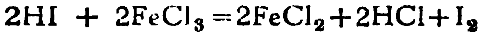
$$2HI + Cl_2 = 2HCl + I_2$$



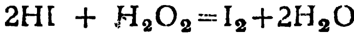
$$2HI + Br_2 = 2HBr + I_2$$



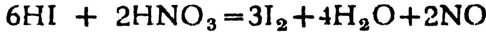
$$2HI + 2HNO_2 = 2H_2O + I_2 + 2NO$$



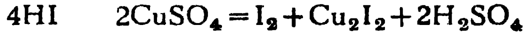
$$2HI + 2FeCl_3 = 2FeCl_2 + 2HCl + I_2$$



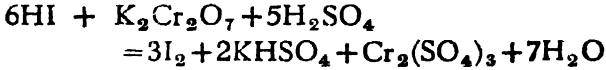
$$2HI + H_2O_2 = I_2 + 2H_2O$$



$$6HI + 2HNO_3 = 3I_2 + 4H_2O + 2NO$$



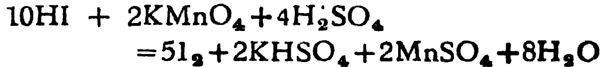
$$4HI \quad 2CuSO_4 = I_2 + Cu_2I_2 + 2H_2SO_4$$



$$6HI + K_2Cr_2O_7 + 5H_2SO_4$$
$$= 3I_2 + 2KHSO_4 + Cr_2(SO_4)_3 + 7H_2O$$



$$2HI + O_3 = I_2 + H_2O + O_2$$



$$10HI + 2KMnO_4 + 4H_2SO_4$$
$$= 5I_2 + 2KHSO_4 + 2MnSO_4 + 8H_2O$$

নিরীক্ষা ঃ

(১) HI-এর সহিত H_2SO_4 যোগ করিলে, আয়োডিন উৎপন্ন হয়।

(২) HI-এর সহিত $AgNO_3$ দ্রবণ যোগ করিলে, হলুদ বর্ণের অদ্রাব্য AgI অধঃক্ষেপ পাওয়া যায়।

(৩) HI ও CS_2 মিশ্র লইয়া, ক্লোরিণ-জলের সহিত ঝাঁকাইলে, আয়োডিন বিমুক্ত হইয়া CS_2-স্তরটিকে বেগুনীবর্ণ করে।

(৪) HI ও ষ্টার্চের দ্রবণ লইয়া ক্লোরিণ-জলের সহিত ঝাঁকাইলে আয়োডিন বিমুক্ত হইয়া ষ্টার্চ দ্রবণকে নীল করে।

ব্যবহার ঃ

(১) বহু রাসায়নিক বিক্রিয়ায় বিশেষতঃ জৈব রাসায়নিক বিক্রিয়ায়, বিজারক পদার্থরূপে HI ব্যবহৃত হয়।

(২) HI আয়োডাইড লবণ প্রস্তুতিতে ব্যবহার হয়; আয়োডাইড লবণগুলি ফটোগ্রাফী, ঔষধ প্রভৃতিতে ব্যবহার হয়।

অনুশীলনী—৬

1. Describe the expts. you have made in the laboratory to demonstrate the principal properties of Chlorine. *C. U., 1907, '19 ; Pat., 1930.*

2. How is HCl manufactured ? Give its uses and its action on Zn, S, HgO, MnO_2, Fe_3O_4, Mg, NaOH, KNO_3. *C. U., 1919, '21, '31.*

3. Describe Moissan's method of preparation of Fluorine. Show that Fluorine, Chlorine, Bromine and Iodine are justifiably grouped together.

C. U., 1621, '43, '44, '46.

4. How is Chlorine prepared on a large scale ? State its properties and uses. What happens when it is passed into sols. of—(*a*) H_2S, (*b*) SO_2, (*c*) NaOH and (*d*) milk-of-lime ? *Delhi, 1945 ; Bom., 1925 ; C. U., 1906, '19, '37, '31, '43.*

5. How would you prepare Chlorine in the laboratory ? Describe its properties. What happens when Chlorine is passed through (*a*) sol. of Ammonia, (*b*) slaked lime, (*c*) H_2S, (*d*) water, (*d*) milk-of-lime, and (*e*) water in which $CaCO_3$ is held in suspension ? Give equations,

Bom., 1921 ; C. U., 1913, '16, '29, '32 : Pat., 1929.

6. How would you determine the composition of HCl gas by volume ?

C. U., 1915, '17, '26, '41.

7. When, how and by whom Fluorine was first isolated ? Give its properties and compare them with those of Chlorine. Why could not Fluorine be isolated by the same method as in the case of Chlorine ? In what way is it exceptional among the halogens ? *C. C., 1932, '41, '44, '46, '48.*

8. How are HCl and HI prepared in the laboratory ? How would you prepare as ample of aqueous HBr ? Sketch the apparatus. How will you distinguish HBr from HI ? *C. U., 1916, '37, '39, '46 ; Pat., 1929.*

9. What are the common sources of Bromine ? How is the element manufactured industrially ? Name some important bromides and state their uses,

C. U., 1926.

10. Starting with KI how will you prepare—(*a*) Iodine, (*b*) HI, (*c*) HgI_2 and (d) HgI ? Starting with NaCl how will you prepare—Chlorine and its oxy-acids ?

11. What are halogens ? Why are they so called ? Give in a tabular form the physical and chemical properties of the halogens to illustrate gradation of their properties. *C. U., 1931, '32, '35, '37.*

12. Describe in detail how pure Iodine is extracted from sea-weed. What are its properties, uses and tests ? *C. U., 1926 ; Mad., 1934, '37 ; Delhi, 1948*

13. How is Hydrofluoric acid prepared ? What kind of vessels are used in the experiment ? What do you understand by *etching of glass* ? How is a pattern etched on a piece of glass ? *C. U., 1935, '47.*

14. Give an account of the preparation of Fluorine, describing carefully the apparatus used. State its properties. Can Fluorine be prepared by the electrolysis of an aqueous solution of Fluoride ? Give reasons for your answer. *C. U., 1949.*

সপ্তম অধ্যায়—(ক)

সালফার (Sulphur)

[গন্ধক]

পরমাণু সংকেত—S ; পারমাণবিক ভার—৩২ ; পরমাণু ক্রমাংক—১৬

পূর্ব কথা :

সালফার বা গন্ধক একটি সুপরিচিত মৌল। অতি প্রাচীনকাল হইতে ইহা ব্যবহার হইতেছে। বাইবেলের মত প্রাচীন পুস্তকেও ইহার বর্ণনা পাওয়া যায়। প্রাচীন হিন্দু রসায়নে ও চিকিৎসা শাস্ত্রে, এবং শিল্পে' গন্ধকের বহুল ব্যবহার হইত। 'সালফার' নামটি সম্ভবতঃ গন্ধকের প্রাচীন সংস্কৃত নাম 'সুলভেরি'র (Sulvery) অপভ্রংশ ; (সুলভেরি, কথার অর্থ, 'তাম্র ধ্বংসী')।

প্রাকৃতিক অস্তিত্ব :

প্রকৃতিতে সালফার প্রচুর পরিমাণে মৌল ও যৌগাবস্থায় বর্তমান আছে। মৌল সালফার ; প্রধানতঃ আগ্নেয়গিরি অঞ্চলে—যথা, সিসিলি, জাপান, আমেরিকা প্রভৃতিতে পাওয়া যায়।

যৌগাবস্থায় সালফার, ধাতব-সালফাইড ও সালফেট খনিজে বর্তমান থাকে। কয়েকটি প্রধান সালফাইড ও সালফেট খনিজ নিম্নরূপ—

১। **সালফাইড :—**

আয়রণ পিরাইটিস—FeS_2, কপার পিরাইটিস—Cu_2S, Fe_2S_3, গ্যালেনা—PbS, জিংক ব্লেন্ড—ZnS, সিনাবার—HgS, অরপিমেণ্ট—As_2S_3, ইত্যাদি।

২। **সালফেট :**

জিপসাম—$CaSO_4, 2H_2O$
কাইসেরাইট—$MgSO_4, H_2O$
হেভি স্পার—$BaSO_4$ ইত্যাদি।

ইহা ছাড়া, আগ্নেয়গিরির বাষ্পে কিছু H_2S ও SO_2 বর্তমান থাকে। বহু জৈব-রাসায়নিক যৌগিক এবং প্রাণী ও উদ্ভিদ্‌দেহের বিভিন্নাংশে সালফার থাকে। পেঁয়াজ, রসুন, সরিষার তৈল, ডিমের হলুদ অংশ, চুল প্রভৃতিতে সালফার ঘটিত জৈব-যৌগিক আছে।

সালফারের শিল্প-প্রস্তুতি :

১। **সিসিলীয়-পদ্ধতি :**

সিসিলীতে প্রাপ্ত সালফারকে, সাধারাণতঃ নিম্নলিখিত উপায়ে ব্যবহারোপযোগী করা হয়।

এই প্রণালীতে, প্রথমতঃ অবিশুদ্ধ প্রকৃতিজ সালফারকে একটি ঢালুতলযুক্ত প্রকোষ্ঠে স্তূপীকৃত করিয়া, প্রকোষ্ঠটি চুল্লীর সাহায্যে উত্তপ্ত করা হয়। উত্তাপের ফলে, সালফার অংশতঃ জ্বলিয়া সালফার ডায়ক্সাইডে পরিণত হইতে থাকে ও এই

তাপদায়ী বিক্রিয়াটির উৎপন্ন তাপে, অবশিষ্ট সালফার খনিজ হইতে গলিয়া, ঢালু তল দিয়া প্রবাহিত হইয়া আসে।

এইরূপে উৎপন্ন সালফার সম্পূর্ণ বিশুদ্ধ হয় না বলিয়া, এই সালফার একটি লৌহপাত্রে স্ফুটিত (৪৪৪° সে.) করা হয় ও পাতিত সালফার বাষ্পকে একটি শীতল প্রকোষ্ঠে কঠিনীভূত করা হয়। পাতিত ও কঠিনীভূত সালফার, বিশুদ্ধ হইয়া থাকে।

২। আমেরিকার পদ্ধতি, বা ফ্র্যাস্ক (Frasch)-পদ্ধতি ঃ

আমেরিকার লুইসিয়ানা অঞ্চলে, ৫০০—৮০০ ফিট ভূনিম্নে, লক্ষ লক্ষ টন সালফারের স্তর দেখিতে পাওয়া যায়। ইহাই, পৃথিবীর, বৃহত্তম সালফার উৎস।

এই উৎস হইতে সালফার উৎপাদনের জন্য, প্রথমত: ভূপৃষ্ঠের উপর হইতে নলকূপখননের ন্যায় একটি নল খনন করিয়া প্রবিষ্ট করান হয়; ঐ নলটি সালফার-উৎস পর্যন্ত পৌছিবার পর ঐ নলটিকে কেন্দ্র করিয়া আরো দুইটি বর্ধিত ব্যাসের সমকেন্দ্রিক নল প্রবিষ্ট করান হয়। এখন কেন্দ্র হইতে ক্রমানুযায়ী তৃতীয় নলটির মধ্য দিয়া, ১৮০° সেন্টিগ্রেডের অত্যুতপ্ত জল (Superheated water) চালনা করা হয় ও প্রথম নলটির মধ্য দিয়া অতি চাপে বায়ু প্রবিষ্ট করিয়া দেওয়া হয়; অত্যুতপ্ত জল, নল পথে নামিয়া নিম্নের সালফার উৎসকে গলিত করে ও গলিত সালফার প্রবিষ্ট বায়ুর চাপে—সবেগে দ্বিতীয় নল দিয়া ফেনারূপে উর্ধোৎক্ষিপ্ত হইয়া থাকে। (চিত্র ৩৭)

চিত্র ৩৭—সালফার প্রস্তুতি : ফ্রাস্ক পদ্ধতি

এই উর্ধোৎক্ষিপ্ত সালফার ফেণাকে, কাষ্ঠের পাত্রে শীতল করিয়া কঠিনীভূত করা হইয়া থাকে। এই উৎপন্ন সালফারের বিশুদ্ধতা ৯৯.৫—৯৯.৭% বলিয়া, উহার পৃথক বিশুদ্ধতা নিষ্প্রয়োজন।

৩। উপজাত পদার্থ হইতে সালফার প্রস্তুতি ঃ

(ক) কয়লার মধ্যে সামান্য পরিমাণ সালফার থাকে। কয়লা হইতে কোল-গ্যাস প্রস্তুতির কালে, কয়লার সালফার H_2S গ্যাসরূপে পরিণত হয় ও এই গ্যাসকে সোদক আয়রণ অক্সাইডে শোষিত করিয়া লওয়া হয়; ফলে, উহা H_2S শোষণ করিয়া স্পেণ্ট অক্সাইডে (Spent oxide) পরিণত হয়।

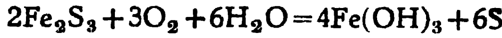


$$2Fe(OH)_3 + 3H_2S = Fe_2S_3 + 6H_2O$$

স্পেণ্ট-অক্সাইড

কোল গ্যাস প্রস্তুতির কালে, উপজাত এই স্পেণ্ট্-অক্সাইড, সালফার উৎপাদনের একটি উৎস।

স্পেণ্ট্-অক্সাইড হইতে সালফার প্রস্তুতি কল্পে, উহা মুক্ত বায়ুতে উন্মুক্ত করিয়া রাখিলে, উহা হইতে সালফার উৎপন্ন হয়—



$$2Fe_2S_3+3O_2+6H_2O=4Fe(OH)_3+6S$$

(খ) লেবলাংক পদ্ধতিতে সোডিয়ম কার্বনেটের উৎপাদন কালে, ক্যালসিয়ম সালফাইড (CaS) নামে একটি যৌগিক সহোৎপন্ন হয়। এই উপজাত CaS, বা **অ্যালকালি ওয়েষ্ট** (Alkali waste) সালফারের একটি উৎস।

এই উৎস হইতে সালফারের প্রস্তুতি কল্পে, প্রথমতঃ অ্যালকালি ওয়েষ্টের চূর্ণ জলে প্রলম্বন করিয়া, উহাকে CO_2 দ্বারা বিক্রিয়া করা হয়; ফলে, H_2S গ্যাস উৎপন্ন হইয়া থাকে—



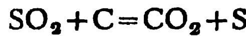
$$CaS+CO_2+H_2O=CaCO_3+H_2S$$

উৎপন্ন H_2S-কে তখন অতি পরিমিত বায়ু সান্নিধ্যে দহন করিয়া, সালফার পাওয়া যায়—



$$2H_2S+O_2=2H_2O+2S$$

(গ) খনিজ সালফাইড হইতে বিভিন্ন ধাতুর প্রস্তুতিকালে (যথা Cu, Pb, Zn প্রভৃতি), SO_2-গ্যাস উপজাত হইয়া থাকে; এই উপজাত SO_2-কে, শ্বেততপ্ত কোকের উপর চালনা করিলে, সালফার পাওয়া যায়—



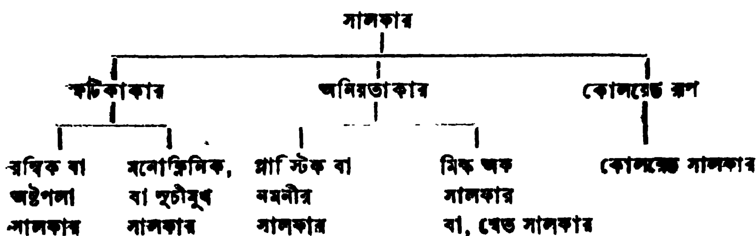
$$SO_2+C=CO_2+S$$

সালফারের ধর্ম :—

ভৌত ধর্ম :

সাধারণ সালফার, একটি পীতবর্ণের ভংগুর, কেলাসিত, কঠিন, অধাতু পদার্থ। ইহা অস্বচ্ছ, এবং তাপ ও বিদ্যুৎ অপরিবাহী। ইহা জলে অদ্রাব্য, কিন্তু জৈব-যৌগিক দ্রবণ, যথা কার্বন ডাইসালফাইড, বেন্‌জিন, টার্পেণ্টাইন প্রভৃতিতে দ্রাব্য।

সালফারের একটি প্রধান ধর্ম উহার সমকৌলতা। সালফার স্ফটিকাকার ও অনিয়তাকারে; নানা সমকৌলিকরূপে বর্তমান থাকে। নিম্নে কয়েকটি প্রধান সমকৌলিকরূপ বিবৃত হইল—

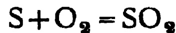


সালফারের আরেকটি বৈশিষ্ট্য, উত্তাপের সহিত উহার পরিবর্তন। সালফারকে উত্তপ্ত করিলে প্রথমে উহা গলিত হইয়া (১১৩° সে) পীতবর্ণের তরলপদার্থ উৎপন্ন করে; আরো উত্তাপে, তরল পদার্থটি ক্রমশঃ ঘন ও গাঢ়বর্ণ হইতে থাকে এবং ২৩০° সে উত্তাপে, ইহা প্রায় কঠিন হইয়া আসে; ২৩০° সেন্টিগ্রেডের অধিক উষ্ণতায় ইহা পুনরায় তরল হয় এবং ৪৪৪° সে ইহা ফুটিতে ও বাদামীবর্ণের বাষ্পে পরিণত হইতে থাকে।

রাসায়নিক ধর্ম :

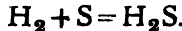
(১) সালফার চূর্ণ, বায়ুতে দীর্ঘকাল রাখিলে উহা অক্সিজেন ও আর্দ্রতার প্রভাবে সালফিউরিক অ্যাসিডে পরিণত হয়।

(২) সালফার বায়ুতে দহন করিলে উহা নীল শিখা সহ জ্বলে এবং তীব্র কটুগন্ধী SO_2 গ্যাস উৎপন্ন করে—



$$S+O_2=SO_2$$

(৩) হাইড্রোজেনের সহিত সালফার, উত্তাপে সংযুক্ত হইয়া, H_2S গ্যাস উৎপন্ন করে—

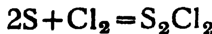


$$H_2+S=H_2S.$$

(৪) বহু ধাতু ও অধাতুর (যথা Fe, হ্যালোজেন, C) সহিত উত্তাপে সালফার প্রত্যক্ষভাবে যুক্ত হয়—



$$C+2S=CS_2$$



$$2S+Cl_2=S_2Cl_2$$

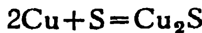


$$Fe+S=FeS$$



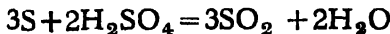
$$2Na+S=Na_2S$$

সালফার বাষ্পের মধ্যে একটুকরা কপার প্রবিষ্ট করাইলে উহা তীব্র বিক্রিয়ায় জ্বলিয়া উঠে, ও Cu_2S উৎপন্ন করে—



$$2Cu+S=Cu_2S$$

(৫) সালফারের সহিত লঘু অম্লগুলির বিক্রিয়া নাই। গাঢ় জারক-অম্লের (যথা, H_2SO_4, HNO_3) সহিত S দ্রবীভূত ও জারিত হয়—



$$3S+2H_2SO_4=3SO_2+2H_2O$$



$$S+6HNO_3=H_2SO_4+6NO_2+2H_2O$$

(৬) ক্ষার দ্রবণের সহিত সালফার চূর্ণ উত্তাপে দ্রবীভূত হইয়া, সালফাইড ও সালফেট-লবণ উৎপন্ন করে; সালফারের মাত্রা বেশী থাকিলে বিক্রিয়ার ফলে, পলি-সালফাইড লবণও উৎপন্ন হইয়া থাকে—



$$4S+6NaOH=2Na_2S+Na_2S_2O_3+3H_2O$$



$$Na_2S+4S=Na_2S_5$$

চুণের জলের সহিতও অনুরূপ বিক্রিয়া ঘটিয়া থাকে।

সালফারের নিরীক্ষা ঃ

(১) সালফারের সাধারণ বর্ণ পীত।

(২) সালফার জলে অদ্রাব্য ও কার্বন ডাইসালফাইডে সহজে দ্রাব্য।

(৩) সালফার বায়ুতে দহন করিলে নীল শিখা সহ তীব্র কটুগন্ধী SO_2 গ্যাস উৎপন্ন করে।

সালফারের ব্যবহার ঃ

সালফারের ব্যবহার বহু বিস্তৃত এবং নানাক্ষেত্রে ইহার প্রয়োগের জন্য ইহার শিল্পগত গুরুত্ব অনেক বেশী।

(১) সালফার, প্রধানতঃ সালফিউরিক অ্যাসিড প্রস্তুতির অপরিহার্য উপাদানরূপে সর্বাধিক ব্যবহৃত।

(২) রবারের কঠিনীকরণে (vulcanization of rubber) সালফার প্রচুর ব্যবহৃত হয়।

(৩) সালফার হইতে নিম্নোক্ত প্রয়োজনীয় পদার্থগুলি উৎপন্ন হয়। নিম্নে কয়েকটি পদার্থ ও উহাদের ব্যবহার লিপিবদ্ধ হইল—

	পদার্থ	ব্যবহার
(i)	কার্বন ডায়কসাইড	দ্রাবকরূপে
(ii)	ধাতব সালফাইড	রঞ্জন-শিল্পে
(iii)	ক্যালসিয়ম ও ম্যাগনেসিয়ম সালফাইড	বিরঞ্জক-রূপে কাগজ শিল্পে
(iv)	সোডিয়ম থায়োসালফেট	ফটোগ্রাফী-শিল্পে
(v)	ফসফোরাস সালফাইড	দিয়াশলাই প্রস্তুতিতে

(৪) সালফার-চুর্ণ বারুদে, ঔষধরূপে ও কীটঘ্নরূপে ব্যবহৃত হয়।

——0——

সালফিউরেটেড্ হাইড্রোজেন বা হাইড্রোজেন সালফাইড

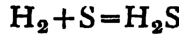
আণবিক সংকেত—H_2S ; আণবিক ভার—২৪ ; বাষ্প-ঘনত্ব—১৭

প্রাকৃতিক অস্তিত্ব ঃ

খনিজ-জলে ও আগ্নেয়গিরির সন্নিকটস্থ বায়ুতে কখনো কখনো, সালফিউরেটেড হাইড্রোজেন বর্তমান থাকে। প্রাণী বা উদ্ভিদ্‌দেহের পচনে, সালফার-যুক্ত যৌগিক হইতে ইহা উদ্ভূত হয়।

প্রস্তুতি ঃ

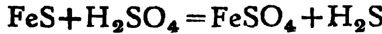
১। সালফার-বাষ্প ও হাইড্রোজেনের মিশ্র, রক্ততপ্ত পিউমিস পাথর-পূর্ণ একটি নলের মধ্য দিয়া চালিত করিলে, H_2S-এর গ্যাস উৎপন্ন হইয়া থাকে।



$$H_2+S=H_2S$$

২। পরীক্ষাগারে H_2S-এর প্রস্তুতি ঃ—

পরীক্ষাগারে, ধাতব-সালফাইডের উপর লঘু-অম্লের বিক্রিয়ায়, সাধারণতঃ H_2S প্রস্তুত করা হয়। ধাতব সালফাইড রূপে সাধারণতঃ ফেরাস সালফাইড, ও লঘু-অম্লরূপে সাধারণতঃ লঘু H_2SO_4 নির্বাচন করা হইয়া থাকে।



$$FeS+H_2SO_4=FeSO_4+H_2S$$

(ক) একটি দীর্ঘনল ফানেল ও নির্গম-নলযুক্ত উলফ্ বোতলের মধ্যে কিছু FeS-এর টুকরা লওয়া হইল এবং দীর্ঘনাল ফানেল দিয়া, উহার উপর কিছু লঘু-H_2SO_4 যোগ করা হইল ; বিক্রিয়ার ফলে উৎপন্ন H_2S নির্গম-নলপথে বাহির হইয়া আসে। এই H_2S-কে বায়ুর উর্ধাপসারণ দ্বারা অথবা উষ্ণ জলপূর্ণ গ্যাসজারে জলের নিম্নোপসারণ দ্বারাও সংগ্রহ করা হইয়া থাকে।

(খ) পরীক্ষাগারে H_2S নিরীক্ষক (reagent)-রূপে বহুল ব্যবহৃত হয় ও প্রায়শঃই উহার প্রয়োজন হয়। এরূপ ক্ষেত্রে, উল্‌ফ-বোতলে H_2S-এর প্রস্তুতি অসুবিধাজনক বলিয়া, সাধারণতঃ উহার প্রস্তুতিতে কিপ্‌স্-যন্ত্র ব্যবহৃত হয়। (কিপ্‌স্-যন্ত্রের বিশদ-বর্ণনা ও ব্যবহার—অজৈব রসায়ন, ১ম খণ্ড, ৮৬—৮৮ পৃষ্ঠা দ্রষ্টব্য)।

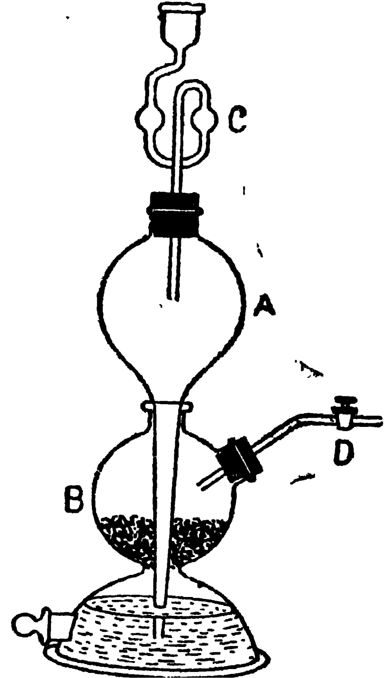
কিপ্‌স্-যন্ত্রে H_2S-প্রস্তুতির জন্য, প্রথমতঃ যন্ত্রটির মধ্যম-গোলকে (B) কিছু টুকরা—FeS প্রবিষ্ট করান হয় ; পরে যন্ত্রটির বিভিন্ন অংশ যথাযথ স্থাপিত করিয়া উপরিস্থ ফানেল (C) হইতে লঘু H_2SO_4 যোগ করা হয়। লঘু H_2SO_4, সর্বনিম্ন অর্ধগোলক পূর্ণ করিয়া মধ্যম গোলকে FeS-এর সংস্পর্শে আসিলেই, সাধারণ উষ্ণতায় বিক্রিয়া ঘটিয়া H_2S উৎপন্ন হয়।



$$FeS+H_2SO_4=FeSO_4+H_2S.$$

উৎপন্ন H_2S. D নির্গম নলপথে বাহিরে আসে। উৎপন্ন H_2S-এর অবিলম্বে প্রয়োজন না থাকিলে, D নির্গম-পথটি বন্ধ করিয়া দিলে, গ্যাসটি মধ্যস্থ গোলকে সঞ্চিত হয় ও উহার চাপে অ্যাসিড-তল নিম্নমুখী হইয়া, FeS-এর সংস্পর্শচ্যুত হয় ও অধিক H_2S-এর উৎপাদন স্থগিত হইয়া যায়। পুনরায় H_2S প্রয়োজন হইলে D নির্গম-পথ খুলিয়া দেওয়া হয়; ফলে, মধ্যম গোলকে চাপ হ্রাস পাইয়া পুনরায় অ্যাসিড চলিয়া আসে ও বিক্রিয়াটি চলিতে থাকে। (চিত্র ৩৮)

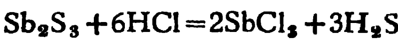
কিপ্‌স্ যন্ত্র হইতে উৎপন্ন H_2S-কে সাধারণতঃ একটি জলপূর্ণ বোতলের মধ্য দিয়া চালিত করিয়া পরে ব্যবহার করা বিধেয়।



চিত্র ৩৮—কিপ্‌স্ যন্ত্র

৩। বিশুদ্ধ H_2S-এর প্রস্তুতি ঃ

ক্যালসিয়ম সালফাইড বা অ্যান্টিমনি সালফাইডকে গাঢ়-HCl দ্বারা উত্তপ্ত করিলে, বিশুদ্ধ H_2S উৎপন্ন হয়; উৎপন্ন গ্যাসকে একটি জলপূর্ণ বোতলের মধ্যে চালিত করিয়া পরে সংগ্রহ করা হয়।


$$Sb_2S_3+6HCl=2SbCl_3+3H_2S$$


$$CaS+2HCl=CaCl_2+H_2S$$

হাইড্রোজেন সালফাইডের বিশোধন ঃ—

১। সাধারণ হাইড্রোজেন সালফাইডের সহিত প্রায়শঃই নানা কলুষ পদার্থ থাকে; H_2S-এর বিশোধনের জন্য প্রথমতঃ ইহাকে MgO-এর জলীয় অবলম্বনে চালনা করা হয় ও উৎপন্ন ম্যাগনেসিয়ম হাইড্রোসালফাইডকে ৬০° সেন্টিগ্রেডে উত্তপ্ত করিয়া বিশুদ্ধ H_2S পাওয়া যায়।


$$MgO+2H_2S\rightleftharpoons Mg(HS)_2+H_2O$$

২। H_2S-কে তরলীভূত করিয়া পরে ৬০° সেন্টিগ্রেড উষ্ণতায় পাতন করিলে বিশুদ্ধ H_2S পাওয়া যায়।

হাইড্রোজেন সালফাইডের শুষ্কীকরণ ঃ—

H_2S—(১) অম্ল বলিয়া, KOH, NaOH ইত্যাদির দ্বারা শুষ্কীকরণ করা যায় না, (২) ইহা বিজারক বলিয়া H_2SO_4-এর দ্বারা শুষ্কীকরণ করা যায় না

৩। ইহার সহিত $CaCl_2$-এর বিক্রিয়া হয় বলিয়া, $CaCl_2$ দ্বারা ইহার শুষ্কীকরণ করা যায় না।

H_2S শুষ্কীকরণের জন্য, অনার্দ্র P_2O_5 ব্যবহার্য্য।

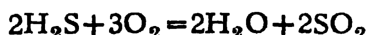
হাইড্রোজেন সালফাইডের ধর্ম :—

ভৌত ধর্ম ঃ

হাইড্রোজেন সালফাইড, বর্ণহীন, দুর্গন্ধযুক্ত, গ্যাস। ইহার গন্ধ পচা-ডিমের ন্যায়। ইহা জলে দ্রাব্য ও জলীয় দ্রবণের গন্ধও পচা-ডিমের ন্যায়। ইহার স্ফুটনাংক –৬১° সে. ও গলনাংক –৮৩° সে.। ইহা বিষাক্ত গ্যাস; বায়ুতে ১% H_2S শ্বাসক্রিয়ার পক্ষে মারাত্মক।

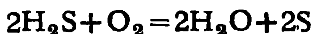
রাসায়নিক ধর্ম ঃ

১। H_2S দাহ্য; কিন্তু দহন ক্রিয়ার সহায়ক নহে। দহনকালে ইহা নীলাভ শিখা উৎপন্ন করে ও দহন শেষে SO_2, S প্রভৃতি উৎপন্ন করে—



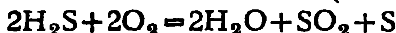
$$2H_2S+3O_2=2H_2O+2SO_2$$

(অতিরিক্ত বায়ুর সহিত দহনে)



$$2H_2S+O_2=2H_2O+2S$$

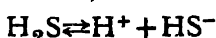
(পরিমিত মাত্রায় বায়ুর সহিত দহনে)



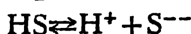
$$2H_2S+2O_2=2H_2O+SO_2+S$$

(সাধারণ মাত্রায় বায়ুর সহিত দহনে)

২। H_2S, দ্বিক্ষারীয় মৃদু অম্ল, ইহা লিটমাসকে লাল করে, এবং জলে, দুইটি স্তরে আনয়িত হয়—যথা,

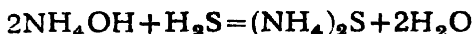


$$H_2S \rightleftharpoons H^+ + HS^-$$

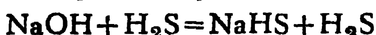


$$HS \rightleftharpoons H^+ + S^{--}$$

অম্লরূপে H_2S ক্ষার, ক্ষারক ও ধাতুর সহিত বিক্রিয়ায় সালফাইড বা হাইড্রো-সালফাইড লবণ উৎপন্ন করে —



$$2NH_4OH+H_2S=(NH_4)_2S+2H_2O$$



$$NaOH+H_2S=NaHS+H_2S$$



$$2NaOH+H_2S=Na_2S+2H_2O$$

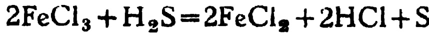


$$Sn+H_2S=SnS+H_2$$

অম্লধর্মিতার জন্য হাইড্রোজেন সালফাইডকে, হাইড্রোসালফিউরিক অ্যাসিডও বলা হয়।

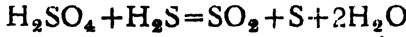
৩। হাইড্রোজেন সালফাইড একটি উৎকৃষ্ট বিজারক পদার্থ এবং বহু যৌগিক ও লবণকে ইহা বিজারিত করে; যথা—ফেরিক লবণ—ফেরাস লবণে, সালফিউরিক অ্যাসিড, সালফার ডায়ক্সাইডে নাইট্রিক অ্যাসিড—নাইট্রোজেন অক্সাইডে,

হ্যালোজেন সমূহ—হ্যালোজেন অ্যাসিডে, সালফার ডায়কসাইড—সালফারে, পারমাংগানেট—ম্যাংগানস লবণে ও ডাইক্রোমেট—ক্রোমিক লবণে পরিণত হয়।

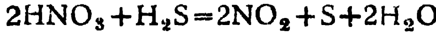


$$2FeCl_3 + H_2S = 2FeCl_2 + 2HCl + S$$

পীতবর্ণ   বর্ণহীন



$$H_2SO_4 + H_2S = SO_2 + S + 2H_2O$$



$$2HNO_3 + H_2S = 2NO_2 + S + 2H_2O$$



$$H_2S + X_2 = 2HX + S \qquad (X = Cl, Br, I)$$

বর্ণযুক্ত   বর্ণহীন



$$2KMnO_4 + 5H_2S + 4H_2SO_4 = 2KHSO_4 + 2MnSO_4 + 8H_2O + 5S$$

গোলাপী   বর্ণহীন   সাদা অধঃক্ষেপ



$$K_2Cr_2O_7 + 3H_2S + 5H_2SO_4 = 2KHSO_4 + Cr_2(SO_4)_3 + 7H_2O + 3S$$

কমলা   সবুজ

৪। ধাতব লবণের উপর H_2S-এর বিক্রিয়া ঃ—

ধাতব লবণের উপর H_2S-এর বিক্রিয়া বিশেষ গুরুত্বপূর্ণ। H_2S নানা ধাতব-লবণের সহিত, নানা অবস্থায় বিক্রিয়া করিয়া বিভিন্ন বর্ণের ধাতব সালফাইড উৎপন্ন করে। উৎপন্ন ধাতব সালফাইডের ও H_2S-এর বিক্রিয়ার প্রকৃতি অনুযায়ী, ধাতু গুলিকে শ্রেণীবদ্ধ করা হইয়া থাকে—

১ম শ্রেণী ঃ

Pb, Ag, মার্কিউরাস ও মার্কিউরিক, Cu, Bi, Cd, Sn, As, ও Sb।

উপরোক্ত ধাতব-লবণগুলি, **অম্লীকৃত লবণ** হইতে H_2S দ্বারা অদ্রাব্য সালফাইডরূপে অধঃক্ষিপ্ত হয়।

২য় শ্রেণী ঃ

Zn, Co, Ni, Mn, Fe।

উপরোক্ত ধাতব-লবণগুলি **ক্ষারীকৃত দ্রবণ** হইতে H_2S দ্বারা অদ্রাব্য সালফাইডরূপে অধঃক্ষিপ্ত হয়।

৩য় শ্রেণী ঃ

Na, K, Ca, Ba, Sr, Mg।

উপরোক্ত ধাতব লবণগুলি NH_4Cl ও **অ্যামোনিয়া যুক্ত দ্রবণ বা অম্লীকৃত দ্রবণ হইতে, H_2S দ্বারা অদ্রাব্য সালফাইড উৎপন্ন করে না।**

সুতরাং বিভিন্ন শ্রেণীর দুইটি বা ততোধিক ধাতব-লবণকে উপযুক্ত পরীক্ষামূলক অবস্থায়, সহজেই H_2S দ্বারা পৃথক করা যায়।

ইহা ছাড়া, H_2S বিভিন্ন ধাতব-লবণের সহিত **বিভিন্ন বর্ণের-ধাতব সালফাইড** উৎপন্ন করে এবং উৎপন্ন ধাতব সালফাইডের বর্ণ হইতে সহজেই **ধাতব-লবণস্থ ধাতুকে চিহ্নিত করা যায়।** যথা Pb, Hg, Ag, Cu, Bi, Fe—প্রভৃতি লবণ H_2S সহযোগে **কৃষ্ণ বর্ণের সালফাইড** উৎপন্ন করে; As-এর লবণ

H_2S সহযোগে গাঢ় হলুদ রঙের সালফাইড উৎপন্ন করে, Sb-এর লবণ রক্তাভ বাদামী রঙের সালফাইড উৎপন্ন করে ; Cd লবণ, বাসন্তী রঙের সালফাইড উৎপন্ন করে এবং Zn-লবণ সাদা রঙের সালফাইড উৎপন্ন করে।

অজ্ঞাত-লবণ বিশ্লেষণে (unknown salt analysis), H_2S-এর উপরোক্ত ধর্মগুলি বিশেষ সহায়ক বলিয়া পরীক্ষাগারে H_2S একটি অপরিহার্য নিরীক্ষক।

হাইড্রোজেন সালফাইডের নিরীক্ষা :—

(১) হাইড্রোজেন সালফাইডের পচা ডিমের ন্যায় একটি বিশিষ্ট দুর্গন্ধ আছে ;

(২) হাইড্রোজেন সালফাইড পার্মাংগানেট দ্রবণকে বর্ণহীন, ডাইক্রোমেট দ্রবণকে সবুজ, নীল লিটমাসকে লাল এবং লেড এসিটেট দ্রবণকে কালো করে।

(৩) হাইড্রোজেন সালফাইডকে NaOH দ্রবণে শোষিত করিয়া ঐ দ্রবণে সদ্য-প্রস্তুত সোডিয়ম নাইট্রোপ্রুসাইড (Sodium nitroprusside) দ্রবণ যোগ করিলে, গাঢ় গোলাপীবর্ণ উৎপন্ন করে।

হাইড্রোজেন সালফাইডের ব্যবহার :

(১) হাইড্রোজেন সালফাইড ধাতব সালফাইড উৎপাদনে ব্যবহার হয় ;

(২) হাইড্রোজেন সালফাইড পরীক্ষাগারে বিশ্লেষণ কার্যে ব্যবহার হয় ;

(৩) হাইড্রোজেন সালফাইড, বিজারক পদার্থরূপে ব্যবহৃত হয়।

——0——

সপ্তম অধ্যায় (গ)

সালফার ডায়কসাইড

আণবিক সংকেত—SO_2 ; আণবিক ভার—৬৪ ; বাষ্প ঘনত্ব—৩২ ;

আবিষ্কার :

সালফার ডায়কসাইড প্রাচীনকাল হইতেই সুপরিচিত। মার্কারির সহিত গাঢ় H_2SO_4 উত্তপ্ত করিয়া, ১৭০০ খৃষ্টাব্দে প্রিষ্টলে, পরীক্ষাগারে প্রথম SO_2 প্রস্তুত করেন।

প্রাকৃতিক অস্তিত্ব :

আগ্নেয়গিরি অঞ্চলে সালফার দহনজাত SO_2 দেখা যায়। জনাকীর্ণ সহরের বায়ুতেও, কয়লার দহনজাত SO_2 কিছু পরিমাণ থাকে।

সালফার ডায়কসাইডের প্রস্তুতি :—

১। পরীক্ষাগারে সালফার ডায়কসাইডের প্রস্তুতি :

দীর্ঘনাল ফানেল ও বাঁকানো নির্গমনল-যুক্ত একটি ফ্লাস্কে কিছু কপার কুচি লইয়া ফ্লাস্কটিকে একটি তারজালির উপর স্থাপন করিয়া, নিয়ে একটি বুনসেন-দীপ রাখা

হইল এবং বাঁকানো নির্গম নলের শেষ প্রান্তটি একটি শূন্য গ্যাসজারের মধ্যে প্রবিষ্ট করিয়া রাখা হইল। এখন ফানেল দিয়া, গাঢ়-H_2SO_4 যোগ করিয়া ফ্লাস্কটিকে উত্তপ্ত করিলে, সালফার ডায়কসাইড উৎপন্ন হয় —

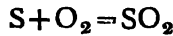


$$Cu + 2H_2SO_4 = CuSO_4 + 2H_2O + SO_2$$

উৎপন্ন SO_2 নির্গম নল দ্বারা বাহির হইয়া আসে ও ইহা বায়ু অপেক্ষা ভারী বলিয়া শূন্য গ্যাসজারে বায়ুর ঊর্ধ্বাপসারণ দ্বারা সংগৃহীত হইতে থাকে।

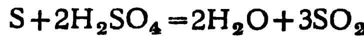
অনার্দ্র SO_2 সংগ্রহ করলে, উৎপন্ন SO_2-কে গাঢ়-H_2SO_4 পূর্ণ একটি বোতলের মধ্য দিয়া বুদ্বুদায়িত করিয়া পারদের উপর সংগ্রহ করা হয়।

২। সালফারকে বায়ুতে বা অক্সিজেনে-দহন করিলে SO_2 উৎপন্ন হয়—



$$S + O_2 = SO_2$$

৩। বিভিন্ন ধাতু ও অধাতুর সহিত উত্তাপে গাঢ়-H_2SO_4-এর বিক্রিয়ার ফলে SO_2 উৎপন্ন হয়—$C + 2H_2SO_4 = 2H_2O + CO_2 + 2SO_2$



$$S + 2H_2SO_4 = 2H_2O + 3SO_2$$



$$Hg + 2H_2SO_4 = HgSO_4 + SO_2 + 2H_2O$$

৪। সালফাইট বা বাইসালফাইট লবণকে অম্ল সহযোগে বিক্রিয়া করিলে SO_2 গ্যাস উৎপন্ন হয়—$CaSO_3 + 2HCl = CaCl_2 + H_2O + SO_2$



$$NaHSO_3 + HCl = NaCl + H_2O + SO_2$$

সালফার ডায়কসাইডের শিল্প প্রস্তুতি :

১। অবিশুদ্ধ প্রাকৃতিক সালফারকে স্তূপীকৃত করিয়া, বায়ুতে দহন করিয়া, SO_2-এর শিল্পোৎপাদন করা হয়—$S + O_2 = SO_2$

২। আয়রণ পিরাইটিসকে তাপজারণ (Roasting) করিয়া SO_2-এর শিল্পোৎপাদন করা হয়— $4FeS_2 + 11O_2 = 2Fe_2O_3 + 8SO_2$

সালফার ডায়কসাইডের ধর্ম :

ভৌত ধর্ম :

সালফার ডায়কসাইড, বর্ণহীন, কটুগন্ধী, বিষাক্ত গ্যাস। ইহা বায়ু অপেক্ষা ভারী ; সাধারণ উষ্ণতায় হিমমিশ্রে বা চাপ সহযোগে ইহাকে তরলীভূত করা যায়। ইহার স্ফুটনাংক –১০° সে। ইহা জলে অতিমাত্রায় দ্রাব্য।

রাসায়নিক ধর্ম :

১। SO_2, অদাহ্য এবং দহনের সহায়ক নহে।

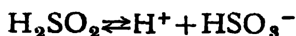
২। উত্তপ্ত প্লাটিনম প্রভাবক সহযোগে, SO_2, অক্সিজেনের সহিত সংযুক্ত হইয়া সালফার ট্রায়কসাইড (SO_3) উৎপন্ন করে—



$$2SO_2 + O_2 = 2SO_3$$

এই বিক্রিয়াটি, সালফিউরিক অ্যাসিডের শিল্পোৎপাদনের মূলসূত্র।

৩। SO_2, একটি অম্ল-নিরুদক; ইহার জলীয় দ্রবণে মৃদু-দ্বিক্ষারীয় অম্ল, সালফিউরিক অ্যাসিড উৎপন্ন হয় বলিয়া ইহা নীল লিটমাসকে লাল করে এবং জলীয় দ্রবণ দুইটি স্তরে H^+ আয়নে বিয়োজিত হয়—$SO_2+H_2O=H_2SO_3$



$$H_2SO_2 \rightleftharpoons H^+ + HSO_3^-$$

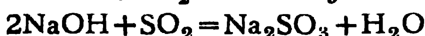


$$HSO_3^- \rightleftharpoons H^+ + SO_3^{--}$$

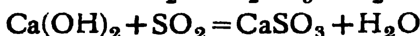
৪। অম্লধর্মিতার জন্য SO_2 ক্ষার বা ক্ষারক দ্রবণে শোষিত হইয়া সালফাইট ও বাইসালফাইট শ্রেণীর লবণ উৎপন্ন করে; ক্ষারের মাত্রা অধিক হইলে, সালফাইট লবণ ও SO_2 এর মাত্রা অধিক হইলে বাইসালফাইট লবণ উৎপন্ন হইয়া থাকে—



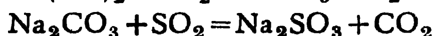
$$NaOH+SO_2=NaHSO_3$$



$$2NaOH+SO_2=Na_2SO_3+H_2O$$



$$Ca(OH)_2+SO_2=CaSO_3+H_2O$$



$$Na_2CO_3+SO_2=Na_2SO_3+CO_2$$

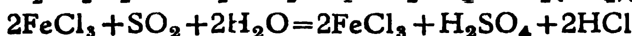
৫। সালফার ডায়কসাইড একটি উৎকৃষ্ট বিজারক পদার্থ; বহু যৌগিক ধাতব লবণ SO_2 সহযোগে বিজারিত হয়; এইরূপে গোলাপী পার্মাংগানেট লবণ—বর্ণহীন ম্যাংগানস লবণে; পীতবর্ণের ফেরিক লবণ—বর্ণহীন ফেরাস লবণে, কমলা রঙের ডাইক্রোমেট লবণ সবুজ ক্রোমিক লবণে, বর্ণযুক্ত হ্যালোজেন দ্রবণ—বর্ণহীন হ্যালোজেন হাইড্রাসিড দ্রবণে, ইত্যাদিতে পরিণত হয়, যথা—



$$2KMnO_4+5SO_2+2H_2O=K_2SO_4+2MnSO_4+2H_2SO_4$$



$$K_2Cr_2O_2+3SO_2+H_2SO_4=K_2SO_4+Cr_2(SO_4)_3+H_2O$$



$$2FeCl_3+SO_2+2H_2O=2FeCl_3+H_2SO_4+2HCl$$



$$X_2+SO_2+2H_2O=2HX+H_2SO_4 (X=Cl, Br, I)$$

৬। সালফার ডায়কসাইড বিজারক পদার্থরূপে, বহু রঙীন জৈব যৌগিককে বিজারিত করিয়া বর্ণহীন করে বলিয়া, SO_2, একটি বিজারক পদার্থ।

SO_2-এর বিরঞ্জন-বিক্রিয়ায় আর্দ্রতা বা জলের উপস্থিতি অত্যাবশ্যক; অনার্দ্র অবস্থায়, বিরঞ্জনে অক্ষম।

পরীক্ষা ঃ

(ক) SO_2-পূর্ণ গ্যাসজারে একটি আর্দ্র লালফুল ও অপর একটি গ্যাসজারে একটি অনার্দ্র বা শুষ্ক লালফুল রাখিয়া দেওয়া হইল। দেখা যায়, প্রথম গ্যাসজারে রক্ষিত ফুলটি বর্ণহীন হইয়া গিয়াছে।

(খ) SO_2-পূর্ণ একটি গ্যাসজারে, কিছু রঙীন ম্যাজেণ্টা (magenta) দ্রবণ ঢালিয়া দেওয়া হইল; দেখা যায়, ম্যাজেণ্টা-দ্রবণটি বর্ণহীন গিয়াছে।

১ SO_2, Cl_2-এর অপেক্ষা মৃদু বিরঞ্জক। ক্লোরিণ বর্ণোৎপাদন যৌগিককে জারিত করিয়া বিরঞ্জন দীর্ঘ; SO_2 বর্ণোৎপাদক যৌগিককে বিজারিত করিয়া বিরঞ্জন করে।

ক্রাস্কটিকে

সালফার ডায়ক্সাইডের নিরীক্ষা :—

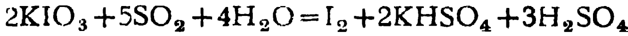
(১) SO_2 – এর বিশিষ্ট তীব্র কটুগন্ধ আছে।

(২) SO_2 – এর বিরঞ্জক ধর্ম ইহার নিরীক্ষক।

(৩) SO_2 পার্মাংগানেট-দ্রবণ-লিপ্ত কাগজকে বর্ণহীন করে।

(৪) SO_2, ডাইক্রোমেট-দ্রবণ-লিপ্ত কাগজকে সবুজ করে।

(৫) SO_2, আয়োডেট ও স্টার্চ-দ্রবণ-লিপ্ত কাগজকে নীল করে।



$$2KIO_3+5SO_2+4H_2O=I_2+2KHSO_4+3H_2SO_4$$

সালফার ডায়ক্সাইডের ব্যবহার ঃ

সালফার ডায়ক্সাইড উৎকৃষ্ট জীবাণু-নাশক ও কীটঘ্নরূপে হাসপাতাল প্রভৃতিতে ব্যবহার হয়। SO_2, H_2SO_4-এর শিল্পোৎপাদনের অপরিহার্য কাঁচামাল। SO_2—সালফাইট ও বাইসালফাইট লবণ প্রস্তুতিতে ব্যবহার হয়। SO_2—হিমায়নে (refrigeration) ও বিরঞ্জনে ব্যবহার হয়। SO_2—মদ্য, মাংস প্রভৃতি সংরক্ষণে ব্যবহৃত হয়। SO_2—শর্করা শিল্পে ও কাগজ শিল্পে ব্যবহার হয়। SO_2—ক্লোরিণ-ধ্বংসী রূপে ব্যবহৃত হয়।

——0——

অষ্টম অধ্যায়

সালফিউরিক অ্যাসিড

আণবিক সংকেত—H_2SO_4 আণবিক ভার—৯৮

কেবলমাত্র সালফারের অ্যাসিডগুলির মধ্যেই নয়, সকল অ্যাসিডের মধ্যেই সালফিউরিক অ্যাসিড, বা গন্ধকাম্ল একটি বিশেষ গুরুত্বপূর্ণ অ্যাসিড। সালফিউরিক অ্যাসিড পৃথিবীর সকল শিল্পোন্নত দেশেই একটি অপরিহার্য শিল্প উপাদান রূপে প্রচুর পরিমাণে প্রস্তুত ও ব্যবহৃত হইয়া থাকে; কোনো সভ্যদেশের শিল্পোন্নতির মান, উহার সালফিউরিক অ্যাসিডের উৎপাদন ও ব্যবহারের আনুপাতিক, বলা যায়।

পূর্বকথা ঃ—

প্রাচীন অ্যালকেমি-যুগেও সালফিউরিক অ্যাসিডের উৎপাদন ও প্রয়োগ জানা ছিল। সে যুগে, সাধারণতঃ হীরাকস (green vitriol, $FeSO_4$) পাতন করিয়া, সালফিউরিক অ্যাসিড উৎপাদন করা হইত। গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিড তৈলের ন্যায় ঘন বলিয়া উহাকে অয়েল অফ্ ভিট্রিয়ল (oil of vitriol) বলা হইত।

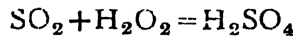
১৬৭৫ খৃষ্টাব্দে, লেমেরি, গন্ধক ও সোরার মিশ্রকে জলপূর্ণ পাত্রের মধ্যে দহন করিয়া, সালফিউরিক অ্যাসিড উৎপাদন করেন। লেমেরির প্রণালীই সংশোধিত রূপে সালফিউরিক অ্যাসিডের শিল্প প্রস্তুতিতে ব্যবহৃত হয়।

প্রাকৃতিক অস্তিত্ব ঃ

অ্যাসিডরূপে সালফিউরিক অ্যাসিড প্রকৃতিতে কদাচিৎ দেখিতে পাওয়া যায়। সালফিউরিক অ্যাসিডের লবণগুলি বা সালফেটসমূহ প্রকৃতিতে প্রচুর পরিমাণে বিদ্যমান আছে।

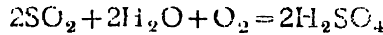
সালফিউরিক অ্যাসিডের প্রস্তুতি ঃ

১। সালফার ডায়কসাইড ও হাইড্রোজেন পারকসাইডের প্রত্যক্ষ-সংযোগ বিক্রিয়ায় সালফিউরিক অ্যাসিড উৎপন্ন হইয়া থাকে—



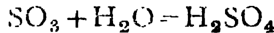
$$SO_2+H_2O_2=H_2SO_4$$

২। সালফার ডায়কসাইডের জলীয় দ্রবণ বা সালফিউরাস অ্যাসিড, বায়ু সান্নিধ্যে মৃদু-স্বতঃজারণ প্রক্রিয়ায়, সালফিউরিক অ্যাসিড উৎপন্ন করে—



$$2SO_2+2H_2O+O_2=2H_2SO_4$$

৩। সালফার ট্রায়কসাইড জলে দ্রবীভূত হইলে, সালফিউরিক অ্যাসিড উৎপন্ন হয়—



$$SO_3+H_2O=H_2SO_4$$

সালফিউরিক অ্যাসিডের শিল্পোৎপাদন প্রণালী সমূহ ঃ-

সালফিউরিক অ্যাসিড প্রধানতঃ দুইটি প্রণালীতে শিল্পোৎপন্ন হইয়া থাকে; যথা—

১। **প্রকোষ্ঠ প্রণালী (Chamber Process)**

২। **সংযোগ প্রণালী (Contact Process)**

উভয় প্রণালীতেই সালফিউরিক অ্যাসিডের উৎপাদনে, প্রথমতঃ সালফার দহন করিয়া সালফার ডায়কসাইড প্রস্তুত করা হয়। পরে উৎপন্ন সালফার ডায়কসাইডের সহিত, বায়ুর সংযোগের পদ্ধতিভেদে, সালফার ট্রায়কসাইড প্রস্তুত করা হয়। সর্বশেষে উৎপন্ন সালফার ট্রায়কসাইডকে জলে দ্রবীভূত করিলে, সালফিউরিক অ্যাসিড উৎপন্ন হয়।

১। প্রকোষ্ঠ-প্রণালী ঃ

সালফার ডায়কসাইড, বায়ু, জলীয় বাষ্প বা ষ্টীম এবং নাইট্রোজেন পারকসাইড একত্রে কোনো পাত্রে বা প্রকোষ্ঠে মিশ্রিত করিলে, কতকগুলি বিক্রিয়া ঘটিয়া সালফিউরিক অ্যাসিড উৎপন্ন হয়। বিক্রিয়াটি কয়েকটি স্তরে ঘটে। প্রথমতঃ সালফার ডায়কসাইড, নাইট্রোজেন পারকসাইড সহযোগে জারিত হইয়া সালফার ট্রায়কসাইডে পরিণত হয়।



$$SO_2+NO_2=SO_3+NO$$

পরে, উৎপন্ন সালফার ট্রায়কসাইড, জলীয় বাষ্প বা ষ্টীম সহযোগে সালফিউরিক অ্যাসিডে পরিণত হয় এবং উৎপন্ন নাইট্রিক অক্সাইড বায়ু সহযোগে পুনরায় নাইট্রোজেন পারকসাইডে পরিণত হয়—



$$SO_3+H_2O=H_2SO_4$$



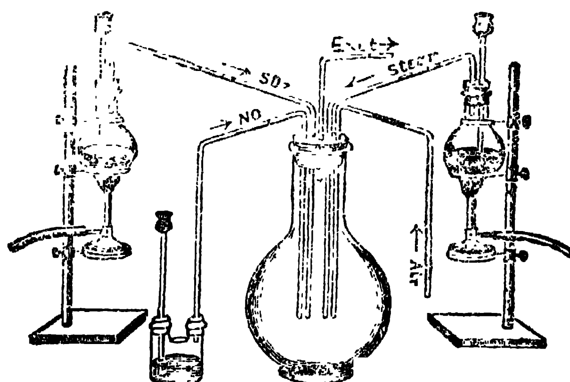
$$2NO+O_2=2NO_2$$

উৎপন্ন নাইট্রোজেন পারকসাইড, পুনরায় সালফার ডায়কসাইডকে জারিত করে ও বিক্রিয়াটি ক্রমান্বয়ে চলে। নাইট্রোজেন পারকসাইড অন্তবর্তীকালে নাইট্রিক অক্সাইডে রূপান্তরিত হইলেও ইহা বিক্রিয়ার পূর্বে ও পরে একই অবস্থায় থাকে এবং প্রকৃতপক্ষে ইহার ভূমিকা, অক্সিজেন-সংবাহকের ভূমিকামাত্র। প্রকৃতপক্ষে বায়ুস্থ অক্সিজেন নাইট্রোজেন পারকসাইড-মাধ্যমে, সালফার ডায়কসাইডকে জারিত করে।

পরীক্ষাগার-প্রণালী :–

উপরোক্ত মূলসূত্রটির ব্যবহারিক প্রয়োগ করিয়া পরীক্ষাগারে সালফিউরিক অ্যাসিড উৎপাদন করা যায়।

একটি বৃহৎ-ফ্লাস্কের মুখে রবার ছিপি দ্বারা বন্ধ করিয়া, ছিপির মধ্য দিয়া পাঁচটি নির্গম-নল যুক্ত করা হইল। প্রথম নলটির মধ্য দিয়া বায়ু প্রবেশ করান হইল। কপার কুচি ও গাঢ় H_2SO_4 এর মিশ্র একটি ফ্লাস্কে উত্তপ্ত করিয়া, উৎপন্ন SO_2—

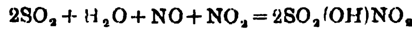


চিত্র ৩৯—পরীক্ষাগারে সালফিউরিক অ্যাসিড প্রস্তুতি

দ্বিতীয় নলপথে চালনা করা হইল। কপার-কুচি ও অল্প-গাঢ় HNO_3 এর মিশ্র একটি উল্ফ বোতলে লইয়া, উৎপন্ন NO_2—তৃতীয় নলপথে চালনা করা হইল। একটি ফ্লাস্কে জল উত্তপ্ত করিয়া উৎপন্ন ষ্টীমকে চতুর্থ নলপথে চালনা করা হইল। পঞ্চম নলটি ফ্লাস্কে প্রবিষ্ট বিভিন্ন গ্যাসের নির্গম-নলরূপে রাখা হইল। (চিত্র ৩৯)।

ফ্লাস্কের মধ্যে গ্যাসগুলি প্রবিষ্ট করাইয়া, কিছুক্ষণ বিক্রিয়ার পর দেখা যায় ফ্লাস্কের গায়ে বিন্দু বিন্দু তৈলের ন্যায় ঘন সালফিউরিক অ্যাসিড উৎপন্ন হইয়াছে।

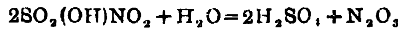
বিক্রিয়াটিতে ষ্টীমের মাত্রা কম হইলে, অনেকক্ষেত্রে ফ্লাস্কের গায়ে সাদা কঠিন একপ্রকার কেলাস উৎপন্ন হইয়া থাকে। এই কেলাসগুলিকে, **প্রকোষ্ঠ কেলাস** (chamber crystals) বলা হয়—



$$2SO_2 + H_2O + NO + NO_2 = 2SO_2(OH)NO_2$$

প্রকোষ্ঠ কেলাস

ষ্টীমের মাত্রা অধিক হইলেই, কেলাসগুলি দ্রবীভূত হইয়া সালফিউরিক অ্যাসিড উৎপাদন করে—



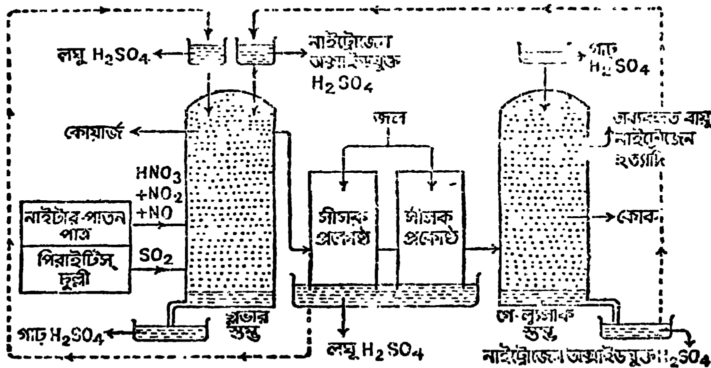
$$2SO_2(OH)NO_2 + H_2O = 2H_2SO_4 + N_2O_3$$

শিল্প-প্রণালী ঃ প্রকোষ্ঠ প্রণালী (Chamber Process) ঃ

প্রকোষ্ঠ প্রণালীতে সালফিউরিক অ্যাসিডের শিল্প প্রস্তুতিতে যে যন্ত্রসজ্জা ব্যবহৃত হয় তাহার কয়েকটি প্রধান অংশ—

(১) পিরাইটিস-চুল্লী (Pyrites burner), (২) নাইটার-পাতন পাত্র (Nitre oven), (৩) গ্লভার স্তম্ভ (Glover's tower), (৪) সীসক প্রকোষ্ঠসমূহ (Lead chambers) ও (৫) গে-ল্যুসাক স্তম্ভ (Gay-lussac's tower)। (চিত্র-৪০)

পিরাইটিস চুল্লীতে, গন্ধক বা আয়রণ পিরাইটিস অতিরিক্ত বায়ুযোগে দহন করিয়া SO_2 উৎপন্ন করা হয়। পিরাইটিস চুল্লীর উপরে নাইটার-পাতন-পাত্রে নাইটার ও গাঢ় H_2SO_4 উত্তপ্ত করিয়া নাইট্রিক অ্যাসিড বাষ্প উৎপন্ন করা হয়। একত্র মিশ্রিতাবস্থায় পরবর্তী অংশ, গ্লভার-স্তম্ভে প্রবেশ করে।



চিত্র ৪০—সালফিউরিক অ্যাসিডের শিল্প প্রস্তুতি

গ্লভার-স্তম্ভ ইষ্টক বা প্রস্তর নির্মিত হয় এবং ইহার বহিরাংশ সীসার পাত দ্বারা আবৃত থাকে। গ্লভার-স্তম্ভটির ভিতর কোয়ার্জ পাথরের টুকরা দ্বারা পূর্ণ থাকে এবং স্তম্ভটির উপর হইতে লঘু H_2SO_4 ও নাইট্রোজেন অক্সাইডযুক্ত H_2SO_4-এর ধারাপাত করা হয়। গ্লভার-স্তম্ভে প্রবিষ্ট. SO_2, বায়ু ও নাইট্রোজেনের অক্সাইডসমূহ, ক্ষরিত অ্যাসিড-ধারায় আংশিকরূপে H_2SO_4 উৎপন্ন করে এবং উৎপন্ন H_2SO_4 ক্ষরিত

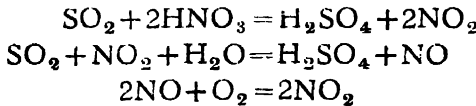
লঘু H_2SO_4এর সহিত মিশ্রিত হইয়া গাঢ়-H_2SO_4রূপে স্তম্ভনিম্নে জমে। গ্লভার-স্তম্ভ হইতে বিনির্গত গ্যাসসমূহ, যন্ত্রের পরবর্তী অংশ সীসক-প্রকোষ্ঠ সমূহে প্রবেশ করে।

সীসক-প্রকোষ্ঠ সমূহই প্রকোষ্ঠ-প্রণালীর যন্ত্রসজ্জার প্রধানতম অংশ। এই প্রকোষ্ঠগুলি বিশুদ্ধ সীসক নির্মিত হয় ও এইগুলিকে কাষ্ঠের চৌবাচ্চার উপর প্রলম্বিত করিয়া রাখা হয় ও উপর হইতে জলের সূক্ষ্ম ধারাপাত করা হয়। এই প্রকোষ্ঠগুলিতে গ্যাসমিশ্র সমূহ, পূর্বালোচিত মূলসূত্রানুযায়ী, বিক্রিয়া করে ও সর্বশেষে H_2SO_4 উৎপন্ন করে ; উৎপন্ন H_2SO_4, প্রকোষ্ঠশীর্ষ হইতে ক্ষরিত জলধারায় দ্রবীভূত হইয়া লঘু-H_2SO_4 রূপে কাষ্ঠনির্মিত চৌবাচ্চায় জমে। (এই লঘু H_2SO_4, পরে গ্লভার স্তম্ভের শীর্ষে, পূর্বের বর্ণনানুযায়ী ব্যবহৃত হয়)।

সীসক প্রকোষ্ঠ হইতে অবশিষ্ট গ্যাস (মূলতঃ নাইট্রোজেনের অক্সাইড সমূহ) নিষ্ক্রান্ত হইয়া গে-ল্যুসাক স্তম্ভে প্রবিষ্ট হয়।

গে-ল্যুসাক স্তম্ভ, গ্লভারস্তম্ভের ন্যায় নির্মিত হয় ও ইহার ভিতর কোক পূর্ণ থাকে ; গ্লভার স্তম্ভের উপর হইতে, গাঢ় H_2SO_4-এর ধারাপাত করা হয়। গে-ল্যুসাক স্তম্ভে প্রবিষ্ট গ্যাস সমূহের মধ্যের নাইট্রোজেন অক্সাইডসমূহ স্তম্ভশীর্ষ হইতে ক্ষরিত গাঢ়-H_2SO_4 এর মধ্যে শোষিত হইয়া, নাইট্রোজেনের অক্সাইডযুক্ত H_2SO_4 (nitrated sulphuric acid) রূপে স্তম্ভনিম্নে জমে। (এই অ্যাসিড গ্লভার-স্তম্ভের শীর্ষ হইতে ধারাপাত করা হইয়া থাকে) অবশিষ্ট বায়ু, নাইট্রোজেন প্রভৃতি নির্গম-নলপথে বাহির হইয়া যায়।

এই প্রণালীতে নিম্নলিখিত বিক্রিয়াগুলি প্রধানতঃ ঘটিয়া থাকে—



$$SO_2+2HNO_3=H_2SO_4+2NO_2$$
$$SO_2+NO_2+H_2O=H_2SO_4+NO$$
$$2NO+O_2=2NO_2$$

সংযোগ প্রণালী (Contact Process) ঃ

মূলসূত্র ঃ

সালফার ডায়কসাইড ও বায়ু (বা অক্সিজেন) মিশ্রিতাবস্থায় উত্তপ্ত প্লাটিনামযুক্ত অ্যাসবেসটস (platinised asbestos) অথবা ভ্যানেডিয়ম পেণ্টক্সাইড (vanadium pentoxide) প্রভাবকের উপর চালিত করিলে, বিক্রিয়ার ফলে সালফারট্রায়কসাইড উৎপন্ন হয়— $2SO_2+O_2 \rightleftharpoons 2SO_3+$ ৪৫২০০ ক্যালোরি

উৎপন্ন SO_3-কে, সামান্য জলযুক্ত গাঢ় H_2SO_4 দ্বারা দ্রবীভূত করিলে, জলীয়াংশের সহিত SO_3 দ্রবীভূত হইয়া H_2SO_4 উৎপন্ন করে—



$$SO_3+H_2O=H_2SO_4$$

এই প্রণালীটি, শিল্প প্রস্তুতিতে বহুল ব্যবহৃত এবং প্রকোষ্ঠ প্রণালী অপেক্ষা ইহা সহজসাধ্য ও সুলভ বলিয়া, এই প্রণালীটি বর্তমানে অধিক অনুসৃত হইয়া থাকে।

এই প্রণালীতে, সালফিউরিক অ্যাসিডের প্রস্তুতিতে নিম্নোক্ত শর্তগুলি পালনীয়—

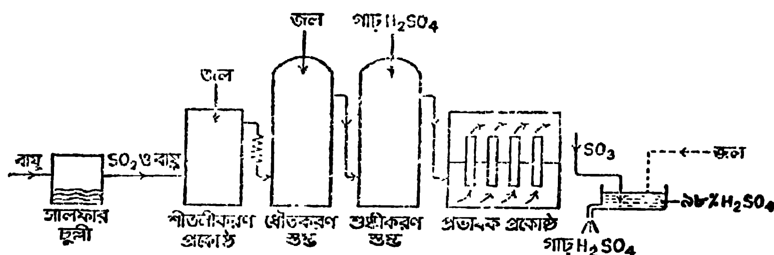
(১) SO_2 ও বায়ুর মিশ্র, বিশুদ্ধ হওয়া প্রয়োজন।

(২) প্রভাবকের উষ্ণতা, ৭৫০—৫৯০°সেন্টিগ্রেডের মধ্যে সীমাবদ্ধ রাখা প্রয়োজন।

(৩) উৎপন্ন SO_3-কে দ্রবীভূত করিতে দ্রাবকরূপে গাঢ়-H_2SO_4-এর গাঢ়তা ৯৮%-এর মধ্যে থাকা প্রয়োজন।

শিল্প-প্রণালী ঃ

একটি চুল্লীতে উত্তপ্ত বিশুদ্ধ গলিত সালফারের উপর বায়ু চালনা করিয়া উৎপন্ন SO_2 ও অতিরিক্ত বায়ুর মিশ্র প্রস্তুত করা হয়। এই মিশ্রকে, একটি প্রকোষ্ঠে প্রবিষ্ট করাইয়া, প্রকোষ্ঠটিতে ষ্টীম চালনা করা হয়; ফলে, গ্যাস-মিশ্রবাহিত ধূলিকণা ইত্যাদি দূরীভূত হয়। অপেক্ষাকৃত বিশুদ্ধ গ্যাস মিশ্রকে তখন, পার্শ্ববর্তী একটি প্রকোষ্ঠে, উপর হইতে জলের ধারাপাত করিয়া ধৌত ও শীতল করা হয় এবং শীতল গ্যাসমিশ্রকে পরবর্তী একটি প্রকোষ্ঠে, উপর হইতে গাঢ়-H_2SO_4-এর ধারাপাত করিয়া শুষ্কীকরণ করা হয়। শুষ্ক ও বিশুদ্ধ গ্যাসমিশ্রকে (SO_2 ও বায়ু), অতঃপর প্রভাবক চুল্লীতে প্রবিষ্ট করান হয়; প্রভাবক প্রকোষ্ঠটির মধ্যে কতকগুলি প্লাটিনম-যুক্ত অ্যাসবেসটস পূর্ণ নল থাকে এবং প্রকোষ্ঠটি-বিক্রিয়ার প্রথমাংশে ৫০০° সেন্টিগ্রেডে উত্তপ্ত করিয়া রাখা হয়। উত্তপ্ত প্রভাবকের সান্নিধ্যে SO_2, অক্সিজেন সংযুক্ত হইয়া SO_3 উৎপন্ন করে। এই বিক্রিয়াটি তাপদায়ী বিক্রিয়া বলিয়া উৎপন্ন তাপ হইতে পরবর্তী সময়ে প্রভাবক-প্রকোষ্ঠটি উত্তপ্ত হইতে থাকে ও বারংবার আর উহা উত্তপ্ত করার প্রয়োজন হয় না। (চিত্র ৪১)



চিত্র ৪১—সংযোগ প্রণালীতে সালফিউরিক অ্যাসিডের প্রস্তুতি

প্রভাবক-প্রকোষ্ঠ হইতে নির্গত SO_3-কে অতঃপর একটি গাঢ় H_2SO_4 (৯৮%) পূর্ণ পাত্রে চালিত করা হয়; SO_3, গাঢ়-H_2SO_4 এর জলীয়াংশের সহিত দ্রবীভূত হইয়া H_2SO_4 উৎপন্ন করে ও দ্রাবক-H_2SO_4 এর গাঢ়তা বৃদ্ধি পায়। উৎপন্ন H_2SO_4 এর গাঢ়তা, জল যোগ করিয়া নিত্য রাখা হয়।

বিশুদ্ধ সালফিউরিক অ্যাসিড ঃ

সংযোগে-প্রণালীতে উৎপন্ন সালফিউরিক অ্যাসিড প্রায় বিশুদ্ধ। প্রকোষ্ঠ-প্রণালীতে উৎপন্ন সালফিউরিক অ্যাসিডে সাধারণতঃ Pb, As, দ্রবীভূত নাইট্রোজেনের অক্সাইডসমূহ, ইত্যাদি পদার্থ মিশ্রিত থাকে।

সাধারণ H_2SO_4 হইতে বিশুদ্ধ H_2SO_4 প্রস্তুতির জন্য; প্রথমতঃ সাধারণ-H_2SO_4-এর সহিত জল যোগ করিয়া লঘুকরণ করা হয়; ফলে Pb, অদ্রাব্য $PbSO_4$ রূপে অধঃক্ষিপ্ত হয়। পরিস্রুৎ-দ্রবণে, অতঃপর H_2S চালনা করিলে Pb, As প্রভৃতির অদ্রাব্য অধঃক্ষেপ উৎপন্ন হইয়া থাকে ও উৎপন্ন দ্রবণটিকে অমসৃণ পোর্সিলেনের মধ্য দিয়া পারস্রাবণ করিয়া, পরিস্রুৎ বিশুদ্ধ-H_2SO_4 পাওয়া যায়। এই H_2SO_4 এর মধ্য দিয়া বায়ু বুদ্বুদাকারে চালনা করিলে নাইট্রোজেনের অক্সাইড সমূহ দূরীভূত হয়; অবশিষ্ট H_2SO_4 দ্রবণকে; অ্যামোনিয়ম সালফেট-সহ পাতন করিলে, পাতিত পদার্থরূপে বিশুদ্ধ H_2SO_4 পাওয়া যায়।

সালফিউরিক অ্যাসিডের ধর্ম—

ভৌত-ধর্ম ঃ

বিশুদ্ধ সালফিউরিক অ্যাসিড বর্ণহীন, গন্ধহীন তৈলের ন্যায় ঘন পদার্থ। ইহার গুরুত্ব ১.৮৭, গলনাংক –১০° সে এবং স্ফুটনাংক ৩৩৮° সে। অতি বিশুদ্ধ সালফিউরিক অ্যাসিড, তড়িৎ অপরিবাহী, কিন্তু জলীয় দ্রবণে, ইহা তড়িৎ-সুপরিবাহী।

সালফিউরিক অ্যাসিড একটি শক্তিশালী জলাকর্ষী পদার্থ, ও জলের সহিত যে কোনো মাত্রায় দ্রবণীয়। সালফিউরিক অ্যাসিডের সহিত জল যোগ করিয়া লঘুকরণ কালে, প্রচুর উত্তাপ উৎপন্ন হয় এবং সে কারণে সালফিউরিক অ্যাসিডের লঘুকরণে, অতিমাত্রায় জলের সহিত ধীরে ধীরে অ্যাসিড যোগ করিয়া লঘুকরণ করা হয়; অ্যাসিডের সহিত জল যোগ করিয়া লঘুকরণ বিপজ্জনক।

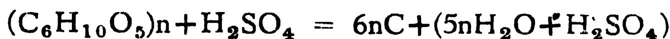
সালফিউরিক অ্যাসিডের সংস্পর্শে জৈব কোষ বিনষ্ট হইয়া থাকে বলিয়া ইহা চর্মে বিষাক্ত ক্ষত ও দাহ উৎপন্ন করে।

রাসায়নিক ধর্ম ঃ

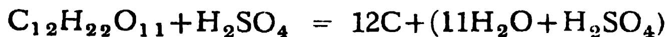
(১) সালফিউরিক অ্যাসিডের জলের উপর আসক্তি অত্যধিক; আর্দ্র বায়ু ও আর্দ্র-পদার্থ হইতে ইহা সহজেই জল শোষণ করে বলিয়া, বিভিন্ন পদার্থের শুষ্কীকরণে ও শোষকাধারে ইহা প্রভূত ব্যবহৃত হইয়া থাকে।

হাইড্রোজেন ও অক্সিজেন যুক্ত পদার্থের অণু হইতেও, সালফিউরিক অ্যাসিড হাইড্রোজেন ও অক্সিজেনকে জলরূপে আকর্ষণ ও শোষণ করিয়া, পদার্থটিকে বিশ্লিষ্ট করিতে পারে। এইরূপে, নানা জৈবপদার্থ, যথা—স্টার্চ, শর্করা, অক্সালিক

অ্যাসিড, ফর্মিক অ্যাসিড, অ্যালকোহল প্রভৃতি ; গাঢ়-H_2SO_4 দ্বারা বিশ্লিষ্ট হইয়া থাকে—



$$(C_6H_{10}O_5)n+H_2SO_4 = 6nC+(5nH_2O+H_2SO_4)$$
স্টার্চ



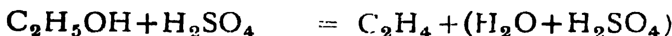
$$C_{12}H_{22}O_{11}+H_2SO_4 = 12C+(11H_2O+H_2SO_4)$$
ইক্ষু-শর্করা



$$C_2H_2O_4+H_2SO_4 = CO_2+CO+(H_2O+H_2SO_4)$$
অক্সালিক অ্যাসিড



$$H.COOH+H_2SO_4 = CO+(H_2O+H_2SO_4)$$
ফর্মিক অ্যাসিড



$$C_2H_5OH+H_2SO_4 = C_2H_4+(H_2O+H_2SO_4)$$
অ্যালকোহল

(২) সালফিউরিক অ্যাসিড জলের সহিত দ্রবণকালে, প্রচুর তাপ উৎপন্ন হয় ও $H_2SO_4.H_2O$; $H_2SO_4.2H_2O$; $H_2SO_4.4H_2O$ প্রভৃতি যোগকগুলি উৎপন্ন হয়।

(৩) সালফিউরিক অ্যাসিড উত্তপ্ত করিলে, ইহা সালফার ট্রায়ক্সাইড ও ষ্টীম-রূপে এবং অধিক উত্তাপে সালফার ডায়ক্সাইড, অক্সিজেন ও ষ্টীমরূপে বিয়োজিত হয়—



$$H_2SO_4=SO_3+H_2O$$



$$2H_2SO_4=2H_2O+2SO_2+O_2$$

(৪) সালফিউরিক অ্যাসিড একটি দ্বি-ক্ষারীয় অম্ল ও জলীয় দ্রবণে দুইটি স্তরে আয়নে বিয়োজিত হয় ; যথা—$H_2SO_4=H^++HSO_4^-$



$$HSO_4^-=H^++SO_4^{--}$$

অনুরূপে, সালফিউরিক অ্যাসিড ক্ষার, ক্ষারক ও ধাতুর সহিত সালফেট (SO_4^{--} যৌগাংশ যুক্ত) ও বাই সালফেট (HSO_4^- যৌগাংশ যুক্ত) লবণ উৎপন্ন করে।

(৫) সালফিউরিক অ্যাসিডের সহিত ধাতুর বিক্রিয়া ধাতু ও সালফিউরিক অ্যাসিডের প্রকৃতি অনুযায়ী নির্ধারিত হয়।

লঘু H_2SO_4, Pb, Bi, Sb, Hg, Cu-ও অভিজাত বর্গীয় ধাতু (Pt, Au ইত্যাদি) ব্যতীত সকল ধাতুর সহিত বিক্রিয়ায়, ধাতব সালফেট ও হাইড্রোজেন উৎপন্ন করে—



$$Zn+H_2SO_4=ZnSO_4+H_2$$



$$Fe+H_2SO_4=FeSO_4+H_2$$

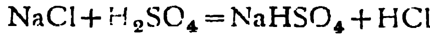
গাঢ় ও উত্তপ্ত H_2SO_4 বিভিন্ন ধাতুর সহিত বিক্রিয়ায়, সাধারণতঃ ধাতব সালফেট, SO_2 ও জল উৎপন্ন করে—



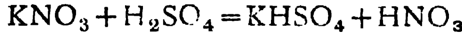
$$Cu+2H_2SO_4=CuSO_4+SO_2+2H_2O$$

গাঢ় ও শীতল H_2SO_4, Na, K ও Mg-এর সহিত বিক্রিয়া করে ও হাইড্রোজেন উৎপন্ন করে, কিন্তু অন্যান্য ধাতুর সহিত কার্যতঃ কোনো বিক্রিয়া হয় না।

(৬) সালফিউরিক অ্যাসিড অনুদ্বায়ী বলিয়া বিভিন্ন ধাতব লবণের বিক্রিয়ায় ইহা উদ্বায়ী অ্যাসিডকে বিমুক্ত করে—

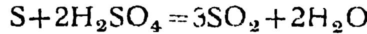


$$NaCl+H_2SO_4=NaHSO_4+HCl$$



$$KNO_3+H_2SO_4=KHSO_4+HNO_3$$

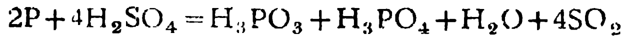
(৭) গাঢ় ও উত্তপ্ত সালফিউরিক অ্যাসিড একটি উত্তম জারক পদার্থ এবং বহু পদার্থ, ধাতু, ধাতব লবণ প্রভৃতি গাঢ় ও উত্তপ্ত সালফিউরিক অ্যাসিডের সহিত বিক্রিয়ায় জারিত হয়—



$$S+2H_2SO_4=3SO_2+2H_2O$$



$$C+2H_2SO_4=2SO_2+CO_2+2H_2O$$



$$2P+4H_2SO_4=H_3PO_3+H_3PO_4+H_2O+4SO_2$$



$$2KBr+3H_2SO_4=2KHSO_4+Br_2+SO_2+2H_2O$$



$$2KI+3H_2SO_4=2KHSO_4+I_2+SO_2+2H_2O$$

গাঢ় ও উত্তপ্ত সালফিউরিক অ্যাসিডের বিক্রিয়ায় বিভিন্ন ধাতু যে SO_2 ও ধাতব সালফেট উৎপন্ন করে উহাও H_2SO_4-এর জারণ ধর্মের প্রমাণ।

সালফিউরিক অ্যাসিডের নিরীক্ষা ঃ

(১) H_2SO_4 একটি বর্ণহীন, তীব্র অম্ল, ইহা নীল লিটমাসকে লাল করে।

(২) উত্তপ্ত গাঢ়-H_2SO_4, Cu-এর সহিত বিক্রিয়ায় কটুগন্ধী SO_2 উৎপন্ন

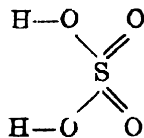
(৩) H_2SO_4-এর জলীয় দ্রবণ, বেরিয়ম ক্লোরাইড ($BaCl_2$), লেড নাইট্রেট ($Pb(NO_3)_2$) প্রভৃতির সহিত অদ্রাব্য সালফেট-অধঃক্ষেপ উৎপন্ন করে।

সালফিউরিক অ্যাসিডের ব্যবহার ঃ

সালফিউরিক অ্যাসিড বহু শিল্পে ও নানা কাজে ব্যবহৃত হয়। কয়েকটি প্রধান ব্যবহারের মধ্যে—HCl, HNO_3 প্রভৃতি অ্যাসিডের উৎপাদন, সোডা, ফসফোরাস, কৃত্রিম-সার, সালফেট লবণ, বিস্ফোরক, রঞ্জক প্রভৃতির প্রস্তুতি, পেট্রোলিয়ম বিশোধন ধাতুশিল্পে ব্যবহার, বিরঞ্জন শিল্পে ব্যবহার, বিদ্যুৎ কোষ নির্মাণ প্রভৃতি উল্লেখ যোগ্য। পরীক্ষাগারে, সালফিউরিক এসিড একটি গুরুত্বপূর্ণ নিরীক্ষকরূপে, শোষক পদার্থরূপে ও বিভিন্ন গ্যাসের প্রস্তুতিতে (যথা—CO, C_2H_4, H_2 ইত্যাদি) ব্যবহৃত হয়।

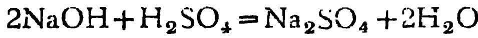
সালফিউরিক অ্যাসিডের রেখা সংকেত ঃ

সাধারণতঃ সালফিউরিক অ্যাসিডকে নিম্নোক্ত রেখাসংকেত দ্বারা প্রকাশ করা হয়—

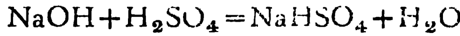


সালফেট শ্রেণীর লবণ ঃ

দ্বিক্ষারীয় অম্লরূপে, H_2SO_4 বিভিন্ন ধাতু, ক্ষার ও ক্ষারকের সহিত বিক্রিয়ায় সালফেট ও বাইসালফেট লবণ উৎপন্ন করে। সালফিউরিক অ্যাসিডের মাত্রা কম থাকিলে শমিত সালফেট লবণ এবং সালফিউরিক অ্যাসিডের মাত্রা বেশী থাকিলে বাইসালফেট (অ্যাসিড সালফেট) বা অর্ধ-লবণ উৎপন্ন হয়—

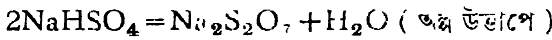


$$2NaOH + H_2SO_4 = Na_2SO_4 + 2H_2O$$

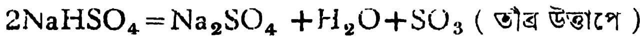


$$NaOH + H_2SO_4 = NaHSO_4 + H_2O$$

বাই সালফেট লবণগুলি জলীয় দ্রবণে অম্লধর্মী হয় ও ক্ষারকে প্রশমিত করে। বাই সালফেট লবণগুলিও ক্রমশঃ দ্রাব্য হয় ও উত্তাপে পাইরো সালফেট লবণ উৎপন্ন করে—



$$2NaHSO_4 = Na_2S_2O_7 + H_2O \text{ (অল্প উত্তাপে)}$$



$$2NaHSO_4 = Na_2SO_4 + H_2O + SO_3 \text{ (তীব্র উত্তাপে)}$$

সালফেট লবণগুলি প্রায়শঃ দ্রাব্য ; Ba, Sr ; ও Pb-এর সালফেট অদ্রাব্য ; Ag ও Ca-এর সালফেট জলে অতি অল্প দ্রাব্য। সালফেট লবণগুলি সাধারণতঃ কেলাস জলযুক্ত সুগঠিত কঠিন কেলাস আকারে পাওয়া যায় এবং বর্ণ অনুসারে উহাদের বিভিন্ন নামকরণ করা হইয়া থাকে।

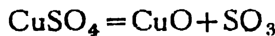
$FeSO_4, 7H_2O$—গ্রীণ ভিট্রিয়ল ; সবুজ-বর্ণ স্ফটিক

$CuSO_4, 5H_2O$—ব্লু ভিট্রিয়ল ; নীল-স্ফটিক

$ZnSO_4, 7H_2O$—হোয়াইট ভিট্রিয়ল ; শ্বেত-স্ফটিক

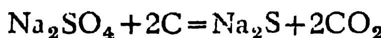
সালফেট লবণগুলি, পরস্পরের সহিত যুক্ত হইয়া দ্বি-ধাতুক লবণ (double-salts) উৎপন্ন করে ; একযোজী ধাতুর সালফেট ও ত্রিযোজী ধাতুর সালফেট এইরূপে একত্র যুক্ত হইয়া, **অ্যালাম বা ফটকিরী** শ্রেণীর লবণ উৎপন্ন করে।

ক্ষার বা ক্ষারকজ ধাতু Mg ও Pb-এর সালফেটগুলি সাধারণ উত্তাপে কোন পরিবর্তিত হয় না ; অন্য ধাতব সালফেটগুলি তীব্র উত্তাপে, ধাতব অক্সাইড ও সালফার ট্রায়কসাইডে বিয়োজিত হয়—

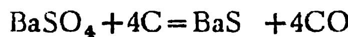


$$CuSO_4 = CuO + SO_3$$

সালফেট লবণগুলিতে কার্বন সহযোগে বা হাইড্রোজেন প্রবাহে উত্তপ্ত করিলে বিজারিত হইয়া সালফাইডে পরিণত হয়—



$$Na_2SO_4 + 2C = Na_2S + 2CO_2$$

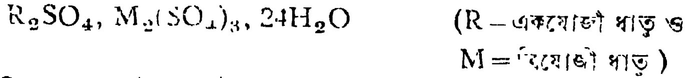


$$BaSO_4 + 4C = BaS + 4CO$$

সালফেট লবণগুলির নিরীক্ষাকল্পে সাধারণতঃ সালফেট-লবণের দ্রবণে, $BaCl_2$ যোগ করিলে—হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডে অদ্রাব্য, সাদা $BaSO_4$-এর অধঃক্ষেপ পাওয়া যায়।

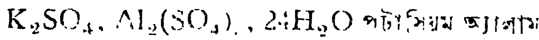
অ্যালাম বা ফটকিরী ঃ

দুইটি সালফেট লবণ একত্র দ্রবীভূত করিয়া, কেলাসন করিলে যে দ্বিধাতুক সালফেট লবণ পাওয়া যায়, উহাকে সাধারণভাবে অ্যালাম (alum) বা ফটকিরী বলা হয়। সাধারণতঃ একটি একযোজী ধাতুর সালফেট ও একটি ত্রিযোজী ধাতুর সালফেট একত্র হইয়া অ্যালাম উৎপন্ন করে বলিয়া অ্যালামের সাধারণ সংকেত—

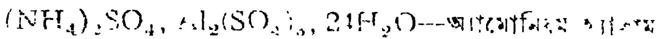


$R_2SO_4, M_2(SO_4)_3, 24H_2O$ (R – একযোজী ধাতু ও M = ত্রিযোজী ধাতু)

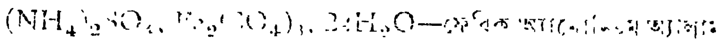
এইরূপে বিভিন্ন অ্যালাম উৎপন্ন হইয়া থাকে ; যথা—



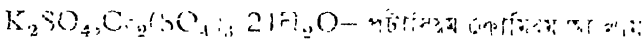
$K_2SO_4, Al_2(SO_4)_3, 24H_2O$ পটাসিয়াম অ্যালাম



$(NH_4)_2SO_4, Al_2(SO_4)_3, 24H_2O$—অ্যামোনিয়াম অ্যালাম

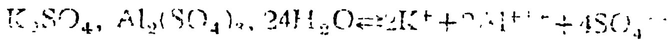


$(NH_4)_2SO_4, Fe_2(SO_4)_3, 24H_2O$—ফেরিক অ্যামোনিয়াম অ্যালাম



$K_2SO_4, Cr_2(SO_4)_3, 24H_2O$— পটাসিয়াম ক্রোমিয়াম অ্যালাম

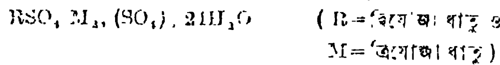
সাধারণ ফটকিরীরূপে যাহা ব্যবহৃত হয়, উহা পটাসিয়াম অ্যালাম। অ্যালাম লবণগুলি সমাকৃতি (isomorphous) এবং জলীয় দ্রবণে উপাদান আয়নসমূহের আয়নে বিয়োজিত হয়—



$$K_2SO_4, Al_2(SO_4)_3, 24H_2O \rightleftharpoons 2K^+ + 2Al^{+++} + 4SO_4^{--}$$

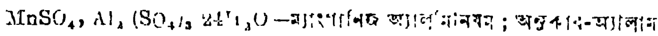
অনুকার অ্যালাম বা সিউডো অ্যালাম (Pseudo alums) ঃ

পূর্বালোচিত অ্যালাম শ্রেণীর লবণের ন্যায় দ্বিযোজী ধাতুর সালফেট ও ত্রিযোজী ধাতুর সালফেট একত্র দ্রবীভূত করিয়া কেলাসন করিলে অপর একশ্রেণীর দ্বিধাতুক সালফেট লবণ পাওয়া যায়—

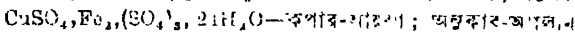


$RSO_4, M_2(SO_4)_3, 24H_2O$ (R = দ্বিযোজী ধাতু ও M = ত্রিযোজী ধাতু)

এই লবণগুলিকে, অ্যালাম শ্রেণী হইতে পৃথক করার জন্য, সিউডো অ্যালাম বা অনুকার অ্যালাম নামে অভিহিত করা হয়। কয়েকটি অনুকার-অ্যালামের উদাহরণ—



$MnSO_4, Al_2(SO_4)_3, 24H_2O$—ম্যাঙ্গানিজ অ্যালুমিনিয়াম ; অনুকার-অ্যালাম



$CuSO_4, Fe_2(SO_4)_3, 24H_2O$—কপার-ফেরিক ; অনুকার-অ্যালাম

অনুকার অ্যালামগুলি প্রকৃত অ্যালাম হইতে ভিন্ন শ্রেণীর কেলাস গঠন করে ও ভিন্ন ধর্ম সম্পন্ন হয়।

ফটকিরী বা সাধারণ অ্যালাম ঃ

প্রাকৃতিক অ্যালুনাইট খনিজকে $(K_2SO_4, Al_2(SO_4)_3, 2(Al_2O_3, 3H_2O)$ ৫০০—৬০০° সেন্টিগ্রেডে গাঢ় H_2SO_4-সহ উত্তপ্ত করিয়া ও উৎপন্ন দ্রবণের সহিত উপযুক্ত মাত্রায় K_2SO_4 মিশ্রিত করিয়া পরে পরিস্রাবণ ও পরিস্রুত দ্রবণের কেলাসন করিলে ফটকিরী পাওয়া যায়।

ফটকিরী স্বচ্ছ, বর্ণহীন কঠিন কেলাস। ইহা কষায় স্বাদযুক্ত। ইহা জলে দ্রাব্য ও জলীয় দ্রবণ অম্লধর্মী। উন্মুক্ত বায়ুতে ইহা উদ্‌ত্যাগী বলিয়া ইহার উপরাংশ সাদা চূর্ণাকৃতি হইয়া যায়।

ফটকিরী রঞ্জন শিল্পে, রাগবন্ধক (mordant) রূপে, ঔষধাদিতে, চর্মের ট্যানিংয়ে ও পানীয় জল পরিশোধনে ব্যবহৃত হয়।

অনুশীলনী—৭ ও ৮

1. How does Sulphur occur in nature ? What are its allotropic modifications ? Give their properties and uses. *C. U. 1915, '23, '25, '29.*

2. Starting with Roll sulphur show how you will prepare (*a*) SO_2 (*b*) SO_3 and (*c*) H_2S in the laboratory. What happens when each of them is brought into contact with water, and acidulated $KMnO_4$ sol. ? *Cam. Jun. ; Mad, 1936.*

3. How will you prepare a small quantity of H_2SO_4 in the laboratory according to the Chamber Process ? Give equations. Sketch the apparatus and give the uses of the acid. *C. U. 1917, '22.*

4. How will you prepare pure and dry Sulphur dioxide ? Give a neat sketch of the apparatus used. Describe experiments to demonstrate its properties. State the action of the gas on (1) H_2S solution in water, (2) Bromine-water, (3) milk-of-lime, (4) dry coloured flowers, (5) solution of Caustic soda, (6) concentrated HNO_3. Give equations. *C. U. 1923, '33, '51*

5. How will you prepare (*a*) allotropes of S. (*b*) H_2SO_4, (*c*) SO_2 and (*d*) H_2S from Iron pyrites ? *Pat , 1949.*

6. Compare the physical and chemical properties of the elements Carbon and Sulphur. How will you prepare their allotropes ? *C. U., 1928.*

7. What takes place when :—(*a*) Cu is heated with conc. H_2SO_4 ; (*b*) S is burnt in air and the gas is passed through Na_2CO_3 solution ; (*c*) H_2S is passed thtough (*i*) Iodine suspended in water, (*ii*) solution of SO_2 in water, (*iii*) solution of NaOH, and (iv) NaOH solution of Zn $(OH)_2$? Give equations. *C. U., 1926, '59*

8. How is pure H_2S obtained ? What is the most common impurity of the gas and how would you ascertain it ? What is the action of H_2S on Ferrous sulphate sol.—*acidulated* and *alkaline* ? Compare H_2S with H_2O. *Pat., 1925, Nag., 1927. '41.*

9. What gases are produced by the action of Sulphuric acid on the followings and under what conditions :—(*a*) Carbon, (b) Sulphur, (*c*) Zinc, (*d*) Copper ? Compare Sulphur with Oxygen. *Nag., 1920 ; C. U., 1930.*

10. Name and write short *notes* on the popertles of the differnt acids which contain the Sulphur atom. Write what you know of H_2S as a chemical reagent. *Pat., 1927 ; Banaras 1921 ; C. U. 1937, '33*

11. How is SO_2 prepared (*a*) in the laboratory and (*b*) on a large scale ? Give its uses. What takes place when SO_2 is passed into—(*a*) Cl_2 water, (*b*) mixture of NO_2 and water-vapour, (*c*) HNO_3, (*d*) Na_2CO_3 sol., (*e*) H_2O_2, (*f*) $FeCl_3$ sol., (*g*) $KMnO_4$ sol., (*h*) hot KOH sol., and (*i*) mixed with moist H_2S ? *C. U. 1955, '48, 57.*

12. How would you detect CO_2 when mixed with SO_2 ?

13. How is H_2SO_4 manufactured by Chamber process ? When if any, catalytic agent is used in its preparation ? What is the action of conc. H_2SO_4 on (*a*) Cu, (*b*) charcoal and (*c*) Lead ? *Camb., 1921 ; Pat., 1928 ; C. U., 1924, '36, '46, '52, 54.*

14. Describe the preparation of SO_2. Compare its properties with those of *C. U., 1969*